Torino Lit. F.lli Doyen

CATERINA X.

Fig. 1

Lit. F.lli Doyen, Torino

M. BERTINO

Fig. 2.

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI
ANNO CCLXXVII (1879-80)

SULLA

CIRCOLAZIONE DEL SANGUE

NEL CERVELLO DELL' UOMO

RICERCHE SFIGMOGRAFICHE

DEL DOTT.

ANGELO MOSSO

PROFESSORE DI FISIOLOGIA NELL' UNIVERSITÀ DI TORINO
SOCIO CORRISPONDENTE DELL' ACCADEMIA DEI LINCEI

ROMA
COI TIPI DEL SALVIUCCI
1880

Serie 3.a — *Memorie della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.*
Vol. V.° — *Seduta del 7 dicembre 1879.*

Al Senatore Jac. Moleschott.

Amatissimo Signor Professore.

Sono già trascorsi due anni dacchè io Le chiesi il permesso di dedicarle questo lavoro. Ella, che fu così gentile di accettarlo, spero mi perdonerà anche se glie lo presento dopo sì lungo ritardo.

Nessuno conosce meglio di Lei i fatti dolorosi che mi distolsero per lungo tempo da ogni serio lavoro. Prima fu la grave malattia che mi assalse, e nella quale, se non erano le sue cure, credo avrei perduto la vita; poi mi colpì molto maggiore sventura. Morì la mia povera madre, di cui mi è caro evocare la mesta ricordanza mentre do a Lei questo attestato della mia riconoscenza.

Sono dolente di non poter scrivere sopra un'opera migliore la gratitudine che io serbo per Lei, che fu il mio primo maestro e che seppe inspirarmi nell'animo giovanile l'amore dello studio e il culto della scienza.

Chieri, ottobre 1879.

Il suo devotissimo discepolo
A. Mosso

CAPITOLO I.

Storia delle tre persone su cui ho studiato la circolazione del sangue nel cervello.

§ 1.

Le osservazioni contenute in questa Memoria vennero fatte sopra tre persone che avevano accidentalmente una apertura nel cranio. Due vivono ancora e stanno bene: la terza, un ragazzo per nome Thron, morì 10 anni dopo la caduta che gli scoperse il cervello. Presento il ritratto delle due persone che sopravvissero alle mie osservazioni fig. 1 e 2: e ne espongo succintamente la storia (1).

Caterina X d'anni 37, di professione contadina, veniva ricoverata nell'ospedale di s. Lazzaro in Torino nel giugno del 1875. Maritata a 18 anni ebbe sei figli e godette sempre buona salute. Nell' ultima gravidanza contrasse dal marito ulceri sifilitiche che guarirono senza soccorso dell'arte. Il bimbo nacque nell'agosto del 1866, fu allattato dalla madre e moriva nel gennaio del 1868 per morbillo. Due anni dopo l' infezione si manifestarono dei fenomeni d' indole sifilitica. La donna incominciò a soffrire di forti cefalalgie in corrispondenza della regione frontale, e comparvero in varie parti del corpo dei tumori (probabilmente delle gomme cutanee) che si esulcerarono lasciando delle profonde cicatrici. Sotto la cura del joduro di potassio in due mesi scomparve ogni sintomo dell' infezione sifilitica. Nell'anno successivo ricomparvero le gomme cutanee. Essa fu ricoverata nel 1869 nell'ospedale di s. Giovanni in Torino e nel 1870 in quello di s. Lazzaro dove rimaneva sei mesi.

(1) Desidero che questo lavoro venga considerato come la continuazione delle Memorie che ho già pubblicato nel 1876 e nel 1878 intorno al medesimo argomento. La mia prima Memoria stampata nell'Archivio per le scienze mediche, anno I, fasc. 2.° fu intitolata: *Introduzione ad una serie di esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo*; ed è un lavoro di storia e di critica cui rimando volentieri il lettore che voglia farsi un concetto del modo col quale si svolsero le cognizioni che possiede fino ad oggi la scienza intorno a' questo interessante capitolo della fisiologia. La seconda la pubblicai col prof. Giacomini nel fascicolo successivo del medesimo Archivio: e porta il titolo di *Esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo*. La terza serie di osservazioni venne fatta col dott. Albertotti e presentata all'Accademia di medicina in Torino il dì 8 gennaio 1878, col titolo: *Osservazioni sui movimenti del cervello di un idiota epilettico.*

Io sono grato ai miei colleghi di avermi offerto l' occasione di intraprendere con loro questi studî sull'uomo, e ringrazio particolarmente il dott. De Paoli che mi invitò a studiare un terzo caso di apertura del cranio, quello di Bertino, che è certo il più interessante di tutti. Delle prime osservazioni che feci sulla Caterina X e su Thron riferisco qui solo quelle che sono ancora inedite o che per gli studî fatti successivamente sono ora in grado di poter meglio interpretare.

Ritornò in apparenza guarita alla campagna e godette per due anni di una salute completa. Trascorso tale periodo ritornarono i dolori del capo e si manifestarono contemporaneamente dei tumori gommosi alla volta palatina, al velo mobile ed al naso che presto si esulcerarono distruggendo completamente il vomere e la parte ossea del palato e le cartilagini del naso. Nell'agosto del 1872 rientrava nel sifilicomio di s. Lazzaro, e ricominciava per la quarta volta la cura del joduro di potassio internamente e la mercuriale esternamente. Godette per un altro po' una salute discreta: e quindi comparve una tumefazione alla forchetta dello sterno, che si aprì formando un' ulcera con carie delle ossa sottostanti. Malgrado tutte le cure dell'arte ritornarono in scena i dolori del capo localizzati alla regione frontale, dove si manifestò una tumefazione, e più tardi ne comparvero due altre ai lati. Distruttasi la pelle soprastante rimase denudata una grande parte dell'osso frontale nella sua parte mediana. Fu in tale stato che essa presentavasi l'ultima volta all'ospedale di s. Lazzaro il 22 giugno 1875 estremamente magra, debole, con diarrea continua, febbre vespertina e notti insonni.

Soddisfatte le cure più urgenti e migliorato rapidamente lo stato generale della nostra ammalata, il prof. Giacomini pensò tosto al modo più opportuno per levare tutta la parte del cranio affetta da necrosi. Colla pinza a sgorbia di Nelaton intaccò l'osso frontale nel suo mezzo e giunse lentamente al tavolato interno, che fu più facile a demolirsi. Appena fatta questa breccia uscì dalla medesima una grandissima quantità di pus che presentava nell' apertura del cranio un movimento pulsatorio. In pochi giorni veniva messa allo scoperto una porzione della dura madre larga quanto uno scudo. La superficie di questa membrana che involge il cervello era coperta di granulazioni molto vascolarizzate che davano sangue al più leggiero contatto e presentava delle pulsazioni sincrone colle sistoli del cuore. Fu dopo quest'atto operativo che noi applicammo sul cervello dell'ammalata un apparecchio registratore.

A misura che si dilatava l'apertura del cranio per l'estrazione delle ossa necrosate, i movimenti della dura madre e del cervello divennero sempre meno evidenti. L'ammalata perdette tutta la squamma dell'osso frontale e grande parte dei due parietali. Conservammo i frammenti delle ossa e li mettemmo insieme per modo che la paziente venne poi fotografata tenendo in mano una vasta parte del proprio cranio come si vede nel suo ritratto fig. 1. Caterina X non volendo ritornare col marito fu accettata come infermiera in uno dei nostri ospedali. La vidi ultimamente: essa mi disse che sta bene e trovai che il processo di ossificazione va rapidamente diffondendosi in vari punti per cui la cicatrice divenne dura e resistente.

§ 2.

Thron Giovanni era un ragazzo epilettico di circa 11 anni con fisionomia simpatica; bellissimo nelle proporzioni e nella forma del corpo. Egli aveva appena 18 mesi quando in seguito di una caduta riportò una grave ferita alla regione temporo-parietale destra, che guariva lasciando una cicatrice della pelle con perdita notevole di sostanza ossea del cranio. Pare dalle scarse notizie che si poterono raccogliere nella storia anamnestica del giovane Thron, che sia trascorso dopo questo trauma circa 1 $^1/_2$ anno senza che apparissero sintomi cerebrali di qualche importanza.

Gli accessi epilettiformi e quindi epilettici si iniziarono solo verso il terzo anno: e questi col tempo associandosi a fenomeni maniaci gravi, obbligarono i suoi parenti a farlo ricoverare nel manicomio di Torino.

Il grado di idiozia è limitato alla capacità di semplici idee per esprimere i bisogni più imperiosi della vita. Egli ha però la memoria di idee d'un ordine più elevato, perchè spesso alle interrogazioni che gli si fanno egli risponde: Veui andà a l'ecole (voglio andare a scuola); oppure Mondon, che non si potè sapere che cosa significasse.

L'osservai spesso mentre trastullavasi nel giardino e non mi accorsi mai che avesse qualche cosa di anormale nei suoi movimenti. Una volta che egli non voleva seguirmi dal giardino nella sua stanza gli presi il cappello. Egli mi corse dietro atteggiando la sua fisonomia al dolore e pronunciando ripetutamente con voce lamentevole e quasi piangente le parole: Veui ma calotte (voglio la mia berretta). Dalle immondizie che egli mangiò quando potè sottrarsi alla vigilanza degli infermieri si deve conchiudere che non provasse alcun disgusto per le sostanze le più schifose. Gli insulti epilettici erano preceduti da una agitazione che lo rendeva chiassoso e molesto. Le sue grida erano foriere di un prossimo accesso, e gli infermieri accorrevano per ripararlo in sito opportuno prima che scoppiasse l'insulto.

Questo ragazzo, quando nella primavera del 1877 incominciammo le nostre esperienze, presentava in corrispondenza della regione temporo-parietale una apertura nelle ossa del cranio ricoperta dalla pelle sana, nel mezzo della quale scorgevasi una lunga cicatrice. L'apertura aveva una forma elittica. Il suo diametro maggiore misurava 70 mm. ed il medio 35 mm. La cicatrice che si protende nel senso del diametro maggiore è nella larghezza di 6 o 7 mm. affatto sprovvista di capelli. In questa apertura del cranio si osservano molto distinte le pulsazioni e i movimenti del cervello sottostante. Quando la pelle viene ad infossarsi vedesi che la breccia è poco profonda; e premendo colle dita anche fortemente sentesi che la membrana della cicatrice è molto resistente e non si producono fenomeni di compressione cerebrale.

Nell'agosto, durante la mia assenza da Torino, un catarro gastro-intestinale con fortissime diarree attaccava in modo così energico la robusta costituzione del giovine Thron che egli soccombeva quasi anemico il 29 ottobre, senza che per questo divenissero meno forti e frequenti gli insulti epilettici che lo travagliarono anche negli ultimi giorni della sua vita. Nell'esame del capo conservato nell'alcool, fatto alcuni mesi dopo insieme al prof. Giacomini, trovammo che l'apertura del cranio era ricoperta da una forte membrana fibrosa, sulla faccia esterna della quale aderiva tenacemente la pelle e la cicatrice. Dal lato interno erano fuse con essa le meningi che aderivano a loro volta tenacemente alle circonvoluzioni cerebrali atrofizzate su una estensione alquanto maggiore della breccia.

Il centro della lesione cerebrale interessa l'estremità posteriore del ramo orizzontale della scissura di Silvio, protendendosi in alto, ed interessando la porzione anteriore della circonvoluzione parietale inferiore (*lobulus supra-marginalis*) e terminando sulla parte media della circonvoluzione parietale ascendente. Inferiormente interessa l'estremità posteriore delle tre circonvoluzioni temporo-sfenoidali ed una parte della porzione posteriore della circonvoluzione parietale inferiore (piega curva, o *girus angularis*).

§ 3.

Bertino Michele è un contadino di robusta costituzione dell'età di anni 37, che nacque in Varisella presso Torino. Il giorno 30 luglio 1877, mentre stava sotto il campanile del suo villaggio, lo colpì sul capo un mattone sfuggito dalle mani di un muratore che lavorava presso il tetto. Bertino sotto l'urto di questo corpo, che pesava circa 3 kilog. e veniva direttamente dall'altezza di 14 metri, cadde a terra privo di sensi. Il chirurgo sig. Ferrero che ebbe più tardi a medicarlo mi scrisse che Bertino fu alzato poco dopo quest'accidente e che sorretto dal parroco si ricoverò nella casa del medesimo, ove fu adagiato sopra di un letto, senza che egli perdesse menomamente nè la parola nè la conoscenza di quanto gli era accaduto.

Bertino invece asserisce di non ricordarsi di nulla, neanche di aver ricevuto un colpo, e crede di aver acquistata conoscenza solo circa un' ora dopo. La memoria più remota che egli conserva di questo accidente si riferisce all'istante che precedette immediatamente il colpo: egli si ricorda che in questo momento stava ritto in piedi sotto il campanile guardando un compagno che immergeva dei mattoni nell'acqua ed egli aspettava per metterli nel cesto. Dopo successe come un periodo di tenebre, e quando rinvenne la coscienza si trovò con sua meraviglia nel letto mentre il chirurgo gli teneva dinnanzi agli occhi un orologio e lo pregava di dirgli quante ore fossero. Bertino asserisce che da questo momento, anche durante la medicazione, egli ebbe sempre libera l'intelligenza: come lo prova la memoria di molte particolarità che vennero pure confermate dal chirurgo e da altri testimoni. La ferita lacero-contusa fatta nella parte superiore della fronte aveva una forma irregolarmente triangolare, era lunga 7 cent. e larga 4, ed era accompagnata da una frattura comminutiva delle ossa del cranio. Il chirurgo che lo medicava poche ore dopo estrasse dalla ferita alcuni pezzi di mattone, uno dei quali aveva la grossezza di una nocciola comune. Levò pure dalla ferita un pezzo di cappello largo quanto una moneta di 5 centesimi, e circa 7 frammenti di osso appartenenti al tavolato esterno e interno del cranio. L'emorragia non fu grave. Dopo aver lavato bene la ferita il chirurgo dice di aver osservato sul fondo della medesima la dura madre lesa dai frammenti ossei infitti e pulsante pei movimenti del cervello. Bertino ci assicura che la motilità e la sensibilità degli arti e di tutte le parti del corpo si conservò sempre come la sua intelligenza completamente inalterata. La cura fu molto semplice consistendo in semplici irrigazioni e lavature di acqua tiepida fenicata con applicazione a persistenza di una vescica di ghiaccio sulla breccia fatta nel capo.

L'infiammazione alla superficie fu molto limitata, benchè la suppurazione delle parti profonde fosse piuttosto abbondante. Nella storia clinica trasmessami dal chirurgo Ferrero, fra gli accidenti degni di menzione, trovo che Bertino volendo alzarsi dal letto nel settimo giorno di cura, cadde percuotendo il capo contro il muro. Avendo egli dovuto sospendere le sue visite, a richiesta dell'ammalato che voleva medicarsi da sè, accadde due volte che la suppurazione radunatasi, come egli dice, fra la dura madre e la volta del cranio abbia dato luogo a fenomeni di pressione cerebrale che bentosto scomparivano con una adatta medicazione. Il giorno 9 agosto con le pinze da medicazione il chirurgo Ferrero estrasse un pezzo della dura madre

necrosata che faceva da tappo nell'apertura del cranio, ed in questa circostanza egli dice che dopo avere lavato bene la ferita potè scorgere decisamente la massa cerebrale ed in essa un foro della grossezza di una nocciola selvatica. Il chirurgo Ferrero per avvicinare i bordi della ferita cutanea vi fece un punto di sutura e verso la fine di agosto estrasse dalla ferita altri frammenti di osso.

Dopo essere rimasto 24 giorni in letto, Bertino si alzò per andare nel vicino paese di Lanzo, dove si fece vedere dal medico dell'ospedale e poi si recò a visitare il medico di Fiano, che è un altro paese vicino a Varicella; e solo dopo le premure fattegli da tutti questi medici si decise di venire a Torino. Il giorno 27 settembre, circa due mesi dopo l'accidente, Bertino entrava nell'ospedale di s. Giovanni. Egli presenta al lato destro del cranio e nella parte superiore della fronte, circa un centimetro distante dalla linea che dalla base del naso divide per mezzo il frontale, una soluzione di continuità del cuoio capelluto e della teca craniana di forma regolarmente rotonda con un diametro di circa 25 mm. Questa breccia del cranio suppongo sia in prossima vicinanza della sutura del frontale col parietale, perchè il suo margine posteriore si trova forse 25 mm. distante da una linea che unisce i due tubercoli della faccia esterna dell' apofisi zigomatica, ed il suo margine anteriore a 85 mm. dal mezzo dell'arcata orbitaria. La pelle aderisce tutto all' intorno al foro della cavità craniana, che presenta un fondo imbutiforme, della profondità di circa 3 cent. Questa cavità è tappezzata da una membrana di colore rosso vivo con granulazioni poco sporgenti. Messo l'ammalato in posizione supina col capo orizzontale, la cavità del cranio si impiccolisce tanto da non presentare più che una leggera infossatura profonda forse 5 mm. Il fondo della medesima quando l'ammalato è seduto, o sta ritto in piedi presenta delle pulsazioni sincrone col polso della radiale. Per misurare la capacità di questa ferita del cranio riempio di acqua tiepida un cilindretto graduato e trovo che mentre l'ammalato sta seduto e tranquillo, per colmarne l'apertura devo versare cinque centim. cubici di acqua. Essendo già trascorse forse 4 ore dopo la medicazione, si era accumulato sul fondo una certa quantità di pus che non mi curai di allontanare; visto che la capacità di questa ferita era variabile per molte circostanze che conosceremo più tardi.

La secrezione del pus era abbondante e se lasciavasi accumulare nella cavità del cranio gli dava un senso di peso al capo. L'ammalato si alzava ogni giorno e camminava continuamente per le sale e nel giardino. Il dott. De Paoli che lo curò, notava nella sua storia clinica come Bertino non avesse perduto nulla dal lato dell' intelligenza, della parola, della memoria e della motilità o sensibilità: quantunque avesse sempre nel volto un'espressione di diffidenza e di timore. L'ammalato si fermò solo circa un mese nell'ospedale di s. Giovanni e fu nell'ultima settimana che io, invitato dal dott. De Paoli, potei con lui eseguire le osservazioni che sono riferite in seguito; osservazioni che vennero interrotte dalla improvvisa partenza dell'ammalato il quale volle uscire dall' ospedale per tornare al paese colla sua famiglia.

Circa 18 mesi dopo che io avevo fatte le osservazioni contenute nei seguenti capitoli, gli scrissi a Varicella pregandolo di venire a Torino perchè desideravo di vederlo. Egli giunse immediatamente il 29 marzo 1879 e mi disse che era sempre stato bene. Quindi mi raccontava che un mese dopo aver abbandonato l'ospedale

egli sentivasi nuovamente capace di sostentare la sua famiglia composta della moglie e di due bambini, e che riprese attivamente i suoi lavori di contadino senz' altro incomodo, come egli dice, che quello di « *accorgersi che il cervello veniva in su* » quando fa uno sforzo oppure si piega all' innanzi. La cicatrice presenta un infossamento con un diametro trasverso diretto dal margine esterno dell' orbita al punto della sutura sagittale di circa 25 mm. e con un altro diametro perpendicolare a questo di 20 mill. Queste misure vennero prese sul fondo della cavità: i bordi sono però alquanto svasati. Il fondo è distante mezzo centimetro dal piano che passa alla superficie dei bordi della breccia, esso è liscio è duro; e resiste sotto la pressione come se si trattasse di un osso: ma evidentemente vi era qui semplicemente una cicatrice di natura fibrosa, perchè durante una profonda espirazione esso poteva elevarsi e pulsare come vedremo in seguito.

Bertino dopo che lasciò l'ospedale non ebbe mai a soffrire nulla eccettochè nell'aprile del 1878 in cui dice di avere avuto una specie di svenimento. Nel mezzo della notte la sua moglie che dormiva con lui s' accorse della sua respirazione rumorosa e chiamatolo per svegliarlo trovò che egli aveva perduto la coscienza e la parola. Dopo alcuni minuti egli ritornò in se stesso e si sentì stanco ed abbattuto colle gambe e le braccia affaticate e dolenti. Bertino mi assicurò ripetutamente che quanto ai suoi lavori, egli non si accorgeva punto di aver ricevuto questo grave colpo al capo: la sola differenza che egli notava nel proprio carattere era di essere divenuto più timido: per cui mentre prima era coraggioso e sentivasi inclinato a mettersi frammezzo alle risse e attaccar brighe, ora si teneva sempre in disparte dai compagni per tema, come egli diceva, che non gli capitasse qualche altro brutto colpo; e tutto gli faceva paura. La figura 2 è la riproduzione di una fotografia che feci fare a Bertino nell'ultima visita del marzo, circa un anno e mezzo dopo l' accidente. La resistenza della cicatrice è così grande, che con due timpani coniugati molto sensibili non si vede alcuna pulsazione quando Bertino è tranquillo. Solo nei profondi movimenti del respiro cambia il livello della cicatrice e si osservano delle oscillazioni nel tracciato.

CAPITOLO II.

Descrizione degli apparecchi che mi servirono per registrare il polso del cervello e di altre parti del corpo.

§ 1.

La trasmissione dei movimenti per mezzo dell'aria coi *timpani coniugati* di Buisson (che sono più generalmente conosciuti col nome di Marey), costituisce fino ad ora il mezzo più semplice e sicuro per riprodurre a distanza i movimenti del polso, senza alterarne troppo la forma. I tentativi che ho fatto con altri metodi per studiare la circolazione del sangue nel cervello, mi dimostrarono che la trasmissione dei movimenti di quest'organo per mezzo di un liquido produce troppe resistenze e

rende incostante la pressione. Il metodo, che si affaccia prima di ogni altro alla mente è di applicare una leva leggera sulla parte pulsante del cervello: questo metodo che sarebbe il più semplice di tutti, non è effettuabile nella pratica, perchè i movimenti inevitabili del capo rendono incerta ed impossibile la registrazione prolungata di fenomeni che bisogna seguire per un certo tempo.

Nella prima serie di osservazioni che ho fatto col prof. Giacomini su Caterina X, i cambiamenti di volume del cervello vennero scritti per mezzo di un esploratore a tamburo di Marey coniugato con un timpano a leva ([1]).

Trattandosi di un apparecchio che viene usato spessissimo dai fisiologi e dai clinici per scrivere l'impulso del cuore, ne tralascio la descrizione, e rimando chi avesse desiderio di maggiori spiegazioni al libro del Marey dove se ne tratta estesamente. Dirò solo che la campanella di legno esterna veniva fissata sul capo in modo che il bordo della medesima poggiasse per due punti opposti sul margine osseo e resistente della breccia, mentre il bottone del timpano rimaneva sollevato. Per mezzo di una fasciatura crociata la campanella veniva fissata sul capo, e quindi si abbassava per mezzo della vite superiore il timpano, fino a che col suo bottone toccasse leggermente la superficie della cicatrice dove apparivano più forti le pulsazioni del cervello.

I movimenti di quest'organo trasmessi al bottone ed all'aria contenuta nella cavità del timpano si comunicavano al timpano registratore, che li scriveva sulla carta infumata di un cilindro girante.

In questo primo studio incontrammo delle gravi difficoltà nella tecnica. Siccome il tempo stringeva, ricorremmo al cardiografo di Marey. Fra le difficoltà che resero inutili i tentativi fatti con altri metodi, mi basta ricordare che i movimenti erano trasmessi alla dura madre inspessita e ricoperta da granulazioni, in mezzo ad una piaga limitata da ossa necrosate e da folti capelli, che per riguardi dovuti all'ammalata non volemmo tagliare.

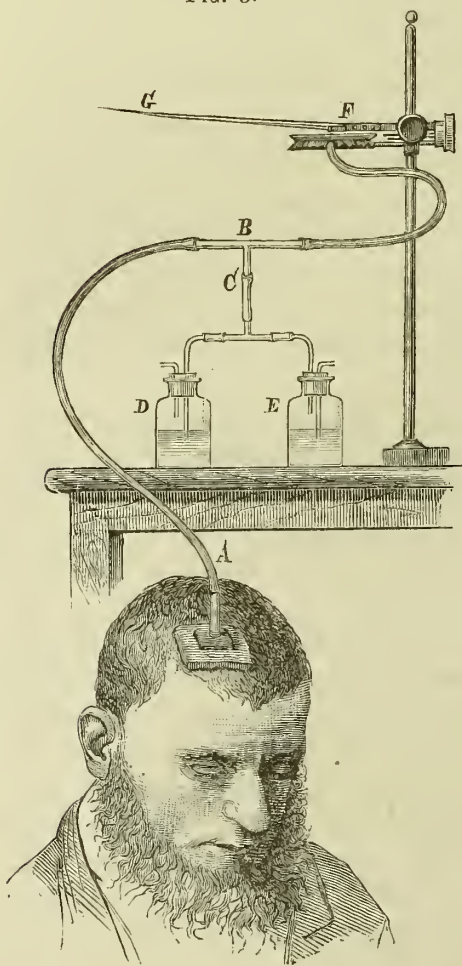
L'apparecchio che adoperai col dott. Albertotti per studiare i movimenti del cervello nel giovane Thron era molto più semplice. Una lamina di guttaperca dello spessore di circa 4 mm. vien tagliata in forma circolare col diametro di 12 centim.: riscaldata leggermente si adatta sul capo dopo aver raso i capelli intorno alla cicatrice in modo che essa raffreddandosi vi si modelli sopra con esattezza. Nel mezzo della forma di guttaperca si fece una cupola abbastanza elevata, perchè la cicatrice anche nei più forti rigonfiamenti del cervello non ne toccasse le pareti. Sul vertice della cupola fissai un piccolo tubo di vetro lungo 6 centim. del diametro di 6 mm. Per far aderire bene la forma di guttaperca intorno all'apertura del cranio essa veniva riscaldata leggermente sopra una lampada a spirito.

§ 2.

I tracciati ottenuti con questo metodo sono migliori di quelli che prendemmo su Caterina X, perchè in questo apparecchio venne eliminata la resistenza della membrana elastica e della molla metallica che trovasi nell'esploratore a tamburo, o cardiografo di Marey.

([1]) Marey, *Travaux du laboratoire* ecc. 1875 p. 32.

Per una mera accidentalità gli ammalati di cui ho riferito la storia mi si presentarono successivamente con delle condizioni sempre migliori per una registrazione esatta dei movimenti cerebrali; al punto che Bertino ebbe per qualche tempo il tipo ideale di una lesione del cranio atta a studiare i movimenti del cervello: ed io sono d'avviso che anche volendolo si riesca difficilmente a produrre negli animali un' apertura migliore. Infatti nella trapanazione del cranio, come notò giustamente il sig. Salathé ([1]) si incontra spesso una difficoltà insuperabile per la registrazione dei movimenti cerebrali. Il cervello rigonfiandosi viene a toccare le pareti del cranio e ne chiude l'apertura fatta col trapano. Così che appena incominciata un'esperienza dopo aver scritto delle pulsazioni molto distinte, queste vanno indebolendosi successivamente finchè scompaiono del tutto.

Fig. 3.

Disposizione dell' apparecchio adoperato per scrivere il polso del cervello sopra Bertino.

In questi casi se si svita il tubo impiantato nel cranio, si trova che il cervello produsse un'ernia che oltrepassa i bordi dell'apertura e la chiude completamente. Un simile ostacolo non poteva presentarsi in Bertino, perchè sotto l'apertura del cranio esisteva una escavazione nel cervello della capacità di 5 cent. cub., che anche nei più forti aumenti di volume del cervello non veniva colmata.

L'apertura del cranio trovandosi in Bertino alla regione frontale con un diametro di 20 mm. e i bordi uniformi, bastò per chiuderla di mettervi sopra una lamina di guttaperca che portava nel suo mezzo un tubo di vetro, il quale metteva in comunicazione l'aria della cavità cerebrale col timpano registratore FG, come è indicato nella figura 3. Riscaldandone leggermente i bordi, o spalmandone con un po'di grasso la superficie inferiore, essa aderiva tanto alla pelle da non esservi alcun pericolo di una fuga d'aria.

Quest'apparecchio semplicissimo che funzionava molto bene per scrivere le pulsazioni del cervello e i mutamenti poco considerevoli del suo volume, era insufficiente per le esperienze in cui era più considerevole l'aumento del volume.

Così ad esempio vedremo per l'influenza del nitrito di amilo e nella congestione cerebrale, la membrana del timpano registratore venire di tanto sollevata che la leva

([1]) *Recherches sur les mouvements du cerveau.* Paris 1877 pag. 74.

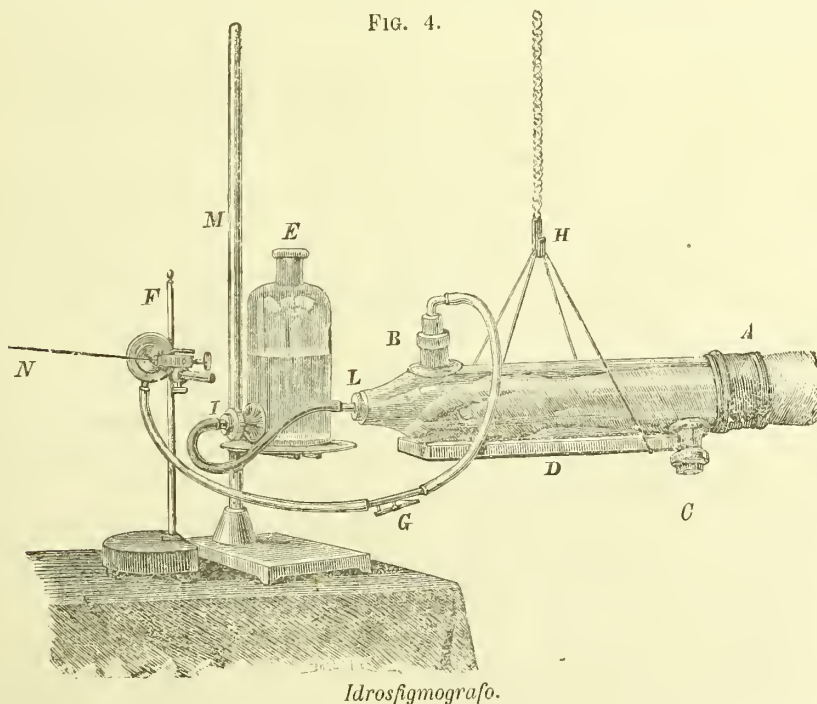
non tocca più il cilindro. Per poco che si abbia pratica di simili esperienze si sa come in queste condizioni non conviene muovere l'apparecchio, od abbassare la leva, o fare altre manipolazioni che deformano i tracciati e alterano la parte grafica: perchè ritornando poi a diminuire il volume del cervello non si possono ripristinare le condizioni dell'esperienza.

Per registrare i movimenti del cervello sotto una pressione costante, senza privarmi nello stesso tempo del modo di misurare con sufficiente esattezza il valore delle variazioni che succedono nel volume del cervello, pensai di unire il tubo che andava al timpano con due valvole di Müller DE, come è indicato nella precedente figura.

Quando aumentava la pressione dell'aria nel tubo AB, usciva una bolla dal vaso D: e quando diminuiva il volume del cervello penetrava nella boccia E dell' aria dall'esterno. Io poteva contare queste bolle, e dopo vedere a quanto esse corrispondevano. Il più delle volte non era necessario che io od un assistente facessimo questa enumerazione, perchè l'uscita o l'entrata di ogni bolla imprimeva una scossa a tutta l'aria del sistema e rimaneva così una traccia visibile sul tamburro.

§ 3.

Il polso del braccio lo scrissi sempre per mezzo del mio idrosfigmografo [1]. Questo strumento mi fu tanto più utile nello studio comparativo della circolazione

Fig. 4.

Idrosfigmografo.

nel cervello e nell'antibraccio dell'uomo in quanto che le condizioni dell'esperienza e il metodo della registrazione rimanevano identici per entrambi gli organi.

L'idrosfigmografo consta di un cilindro di vetro A B figura 4, come quelli che

[1] *Sulle variazioni locali del polso.* R. Accademia delle scienze di Torino, novembre 1877.

adopero pel mio pletismografo [1]. Introduco l'antibraccio nel cilindro AB e lo chiudo presso il gomito con un manicotto A di gomma elastica, come faccio col pletismografo. Sospendo l'apparecchio alla volta della stanza per lasciare liberi i movimenti del corpo. Per la sospensione mi servo di una catenella di ferro H, nei cui anelli, per mezzo di un piccolo uncino metallico, fisso l'apparecchio all'altezza voluta. Riempio quindi il cilindro AB con acqua tiepida fino alla base dell' imboccatura B, larga oltre 20 mm. Ad ogni contrazione cardiaca, nel momento in cui penetra una ondata di sangue nell'antibraccio, si produrrà un aumento di volume nel medesimo, che solleverà il livello dell'acqua nell'imboccatura B. L'aria contenuta nello spazio soprastante verrà leggermente compressa, e per mezzo di un tubo di gomma elastica, verrà trasmesso questo movimento ad un timpano F di Marey, che scrive colla sua leva N le singole pulsazioni sopra la carta affumicata di un cilindro rotante.

Senza questo nuovo sfigmografo non mi sarebbe stato possibile di paragonare continuamente la forma del polso del cervello con quello dell' antibraccio. I nuovi fatti da me osservati nella circolazione sanguigna dell' uomo li devo essenzialmente a questo metodo della registrazione continua: ed il loro valore poggia sulla identità del metodo che mi servì per scrivere contemporaneamente il polso dell'antibraccio e del cervello.

L'antibraccio introdotto nel cilindro di vetro dell' idrosfigmografo che viene riempito di acqua, rappresenta infatti un organo immerso in un liquido e chiuso dentro una cavità resistente; come è appunto il cervello nella cavità del cranio col liquido cefalorachideo. La corrispondenza è completa. E l'apertura dell'idrosfigmografo dove si rendono percettibili i cambiamenti di volume dell'antibraccio è analoga all'apertura esistente nel cranio, che mettiamo in comunicazione col timpano registratore.

Il polso della gamba venne scritto per mezzo di uno stivale di latta costrutto sul medesimo principio dell'idrosfigmografo. La figura e il modo di applicare questo apparecchio verranno indicati in un prossimo capitolo. Lo sfigmografo di Marey mi servì solo per alcune osservazioni di confronto. Dal paragone che ho fatto più volte dei tracciati ottenuti con questi due metodi di registrazione, potei convincermi, che se non era del mio idrosfigmografo, non sarei riuscito a ravvicinare i fenomeni della circolazione del cervello con quelli di altre parti del corpo; tanto le pulsazioni cerebrali sono differenti nella loro forma dal tipo più comune delle curve che si ottengono nell'arteria radiale per mezzo dello sfigmografo di Marey.

Oltre al difetto della registrazione continua, oltre la difficoltà di un'applicazione sempre identica, e la mancanza della pressione costante, che rende inadatto lo strumento di Marey per osservazioni prolungate ed esperienze di confronto, mi accorsi nelle mie ultime indagini sul polso, che lo sfigmografo di Marey deforma notevolmente le pulsazioni per mezzo della resistenza della molla metallica, per cui mancano nei tracciati molte particolarità che osservansi nel polso cerebrale e che compaiono nel braccio, quando noi ci serviamo dell' idrosfigmografo che è più sensibile.

Lo sfigmografo più semplice di tutti è quello che descrissi nella mia Memoria

[1] I cilindri di vetro vengono somministrati dalla fabbrica Greiner e Friedrichs in Stützerbach (Thüringen). I manicotti di gomma elastica dalla fabbrica Pirelli e Casassa, Milano.

Sul polso negativo. Ciascuno può costruirselo da sè, ed io me ne servii spesso per ricerche di controllo sulla forma del polso nell' uomo. Esso consiste in un semplice tubo di vetro che attraversa un tappo della grossezza di un'oliva. Spalmato questo tappo con grasso lo si introduce in una narice, e si tura l'altra colle dita, premendo leggermente. Messo il tubo in comunicazione con un timpano a leva di Marey, sospendendo il respiro mentre è chiusa la glottide si scrive molto bene il polso delle piccole arterie che stanno nella mucosa del naso e della faringe. Coprendo il timpano con una membrana molto sottile, le resistenze di trasmissione divengono più piccole che in qualsiasi altro sfigmografo e si ottengono dei buoni tracciati come vedremo nel seguente capitolo.

I cambiamenti di volume dell'antibraccio vennero registrati col pletismografo che ho descritto nella Memoria: *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo.* Accademia delle scienze di Torino, novembre 1875. Il prof. Cyon diede le indicazioni necessarie per l'uso del pletismografo nella sua *Methodik* 1876 pag. 557.

Noto a scanso di ripetizioni che tutti i tracciati i quali si trovano in questa Memoria sono scritti da sinistra a destra. Quanto alla esattezza delle figure dirò che i tracciati originali vennero prima fotografati sul legno e quindi incisi colla più scrupolosa fedeltà in tutti i loro dettagli. Le tavole vennero eseguite per mezzo della fotozincografia dal Comitato topografico militare di Firenze. Sono gratissimo al mio amico sig. Capitano Botto per l' interesse da lui preso alla riproduzione fotografica dei tracciati contenuti nelle sette tavole unite a questa Memoria.

CAPITOLO III.

Generalità sulla forma del polso.

§ 1.

Nessuna parte del corpo presenta un polso tanto variabile nella sua forma quanto il cervello. Volendo definire con una sola parola il polso di quest' organo nella sua forma più frequente, dirò che esso è di forma *tricuspidale.* Adopero la parola *tricuspide* nel senso più comune: e intendo con ciò che nel polso vi sono tre elevazioni, di cui la più alta sta nel mezzo e le altre due sorgono immediatamente ai lati. La differenza tra questa forma di polso e quella che dopo Marey venne da tutti i fisiologi ritenuta come normale pei grossi tronchi arteriosi, è talmente cospicua, che nelle mie prime osservazioni per poco non fui tentato di ammettere che il cervello avesse un tipo di polso tutto suo speciale.

Le indagini fatte per assicurarmi se altre parti del corpo messe in condizioni favorevoli potessero dare una forma di polso analoga a quella del cervello, riuscirono felicemente. Dimostrerò in questo capitolo che nell'antibraccio, nella carotide e nella cavità del naso si può avere una forma di polso identica a quella del cervello: e giacchè il modo con cui si dispongono le tre elevazioni sulla curva sfigmica

varia per molte condizioni, esporrò i mezzi di cui mi sono servito per produrre a piacimento queste variazioni.

Per non accrescere la confusione mi astenni per quanto mi fu possibile dall'introdurre nomi nuovi, ed accetto le denominazioni quali vennero proposte dagli autori che si occuparono più recentemente di questo soggetto. Distingueremo perciò con Landois ([1]) in ciascuna curva del polso la parte ascendente, il vertice, e la parte discendente, e chiameremo ancora con Landois *anacrotiche* le elevazioni che si osservano nella parte ascendente e *catacrotiche* quelle altre che appaiono nella parte discendente. Servendomi di queste denominazioni introdotte dal Landois, chiamerò *pulsazione anacrotica* quel tracciato del polso che presenta solo delle elevazioni anacrotiche, e corrispondentemente chiamerò *pulsazione catacrotica* quello dove tutte le elevazioni si mostrano nella parte discendente della curva. Trammezzo a questi due tipi di pulsazioni vi sta la *tricuspidale*, ossia quella forma di polso dove presso l'apice, accanto ad una elevazione mediana più alta, si trova ai due lati una elevazione più bassa. La terminologia diventa più difficile quando si deve dare un nome alle singole elevazioni anacrotiche e catacrotiche su cui deve fissarsi la nostra attenzione. I nomi di polso dicroto e tricroto non essendo più sufficienti senza generare confusione, Landois diede alla più importante di queste elevazioni il nome di *Rückstoss-elevation*. Essa sorge circa nel mezzo della parte discendente della curva e prima si chiamava *elevazione dicrotica*. Le altre elevazioni più numerose e più piccole che appaiono nella curva del polso, Landois le chiama *elevazioni per elasticità*, e le segnò nella figura 35, pag. 187 del suo manuale colla lettera *e*. Altre volte, e senza dare delle ragioni che a parer mio resistano alla critica, egli preferisce di segnarle colla lettera *k* ed in questo caso dice che sono elevazioni prodotte dalla chiusura delle valvole semilunari dell'aorta: come si vede in parecchi dei frammenti riportati nella figura 35.

L'etimologia di questi nomi includendo un concetto causale, la loro sorte è legata al valore della teoria di Landois; ed essi sono nel pericolo di venire dimenticati, qualora non si verifichi che il dicrotismo sia prodotto da un'onda che rimbalza e che le altre elevazioni siano provenienti dall'elasticità.

Credo di non essere troppo severo se ritengo che fino ad oggi non venne ancora spiegato coll'esattezza che è necessaria nelle cose scientifiche l'origine e l'essenza dei fenomeni sfigmici. Essendo convinto che le esperienze di cui sono pieni i libri sulla circolazione, costituiscono piuttosto dei tentativi anzichè un'analisi rigorosa dei fenomeni osservati nella curva del polso, spero mi sia permesso di rifiutare in via di precauzione dei nomi che includono già la spiegazione di fatti non ancora bene conosciuti.

Trattandosi di un fisiologo distinto come Landois, le cui opinioni vennero generalmente accettate in Germania, mi piace di ricordare come io non sia il solo che abbia combattuto la sua teoria dell'onda di rimbalzo. Dopo la Memoria che stampai nel 1877 ([2]) Heynsius e Moens che si occuparono con molta diligenza e

([1]) *Lehrbuch der Physiologie* 1879 pag. 135.

([2]) *Sulle variazioni locali del polso nell'antibraccio dell'uomo*. R. Accademia delle scienze di Torino, novembre 1877.

successo di questo argomento, pubblicarono nel 1878 una interessantissima Memoria *sulla curva del polso* [1] in cui dimostrarono che la spiegazione data dal Landois dell'elevazione dicrotica sia inesatta. Io soggiungo di più e spero che nessuno vorrà farmi carico di simile confessione che per me la teoria di Landois della *Rückstoss-elevation* è incomprensibile.

Uno dei fatti che mi hanno messo in grave imbarazzo nella scelta dei nomi con cui differenziare le varie elevazioni che osservansi nelle curve sfigmiche è questo, che il tipo normale del polso, quale risulta dalle mie indagini sul cervello e su altre parti del corpo, è differente dal tipo del polso che venne generalmente accettato fino ad ora come il più comune. L'anacrotismo è secondo me un fenomeno fisiologico che, date certe condizioni, si osserva in tutti, senza che vi sia alcuna traccia di insufficienza aortica o di aneurisma dell'aorta come credevasi generalmente. E noi possiamo con diversi processi rendere il polso anacrotico, o catacrotico senza che si modifichino per ciò i movimenti del cuore.

Spero di poter più tardi dimostrare che (eccettuato il ritmo e talora anche l'altezza che dipendono dal cuore) tutte le note caratteristiche il polso le prende dal sistema vasale, dove a seconda dello stato in cui si trovano le pareti dell'albero arterioso viene differentemente modificata l'onda sanguigna lanciata dal cuore.

Svolgerò questo concetto in un prossimo lavoro su cui ho già raccolto un discreto numero di esperienze fatte con vari metodi. Per ora mi basta di aver accennato lo stato della questione. Benchè mi accosti molto alle opinioni emesse recentemente da Heynsius e Moens intorno alla natura del dicrotismo, mi riserbo nel mio prossimo lavoro intorno alla natura dei fenomeni sfigmici di fare loro alcuni appunti.

L'elevazione dicrotica secondo Heynsius e Moens non è prodotta da una riflessione, ma è semplicemente un' onda di chiusura: ed essi vi hanno dato infatti il nome di *Schliessungswelle*. Per quanto io ammiri l'esattezza con cui vennero condotte le indagini di Heynsius e Moens e riconosca volentieri il merito che essi ebbero di dare un nuovo impulso allo studio esatto dei fenomeni sfigmici, devo però confessare che io non avrei il coraggio di trarre troppe deduzioni dai fenomeni che essi osservarono nell' apertura e nella chiusura di due vasi comunicanti per mezzo di un tubo elastico. Io temo: 1° che le pareti del tubo su cui essi fecero le loro osservazioni fossero troppo estensibili in confronto dell'aorta e delle arterie: 2° che le pressioni fossero relativamente piccole: 3° troppo distanti i due fattori dell'onda, cioè l'apertura e la chiusura della chiavetta che rappresenta le valvole.

Per queste ragioni, unicamente in via di prudenza, credo conveniente di non accettare il nome di onda di chiusura data alla elevazione dicrotica. Mi terrò saldo ai vecchi nomi fino a che la teoria di Heynsius e Moens non venga confermata con nuove e più evidenti esperienze.

Il nome di elevazione dicrotica oltre alla priorità ha il vantaggio di non includere un concetto causale e di lasciar libero il campo alla discussione. L'elevazione che compare fra la prima e la dicrotica, e che Landois designò talvolta col nome K, facendola derivare dalla chiusura delle valvole semilunari, questa elevazione ricevette

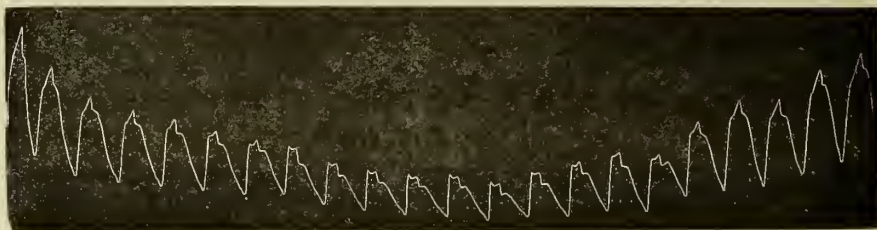
(1) *Die Pulscurve* von D.r Isebree Moens. Leiden 1878.

da Heynsius e Moens il nome di elevazione S. In omaggio ad Heynsius accetto volentieri il nome di elevazione S, e credo giusta questa preferenza, perchè egli fu il primo che abbia applicato in modo costante il medesimo nome alla medesima elevazione.

Sono io pure d'avviso che questa elevazione non dipenda, come vuole Landois, dalla chiusura delle valvole semilunari: perchè da una serie di esperienze che instituii sui rapporti dei suoni del cuore colle elevazioni della curva sfigmica, non mi riuscì di conoscere un rapporto costante fra queste due serie di fenomeni.

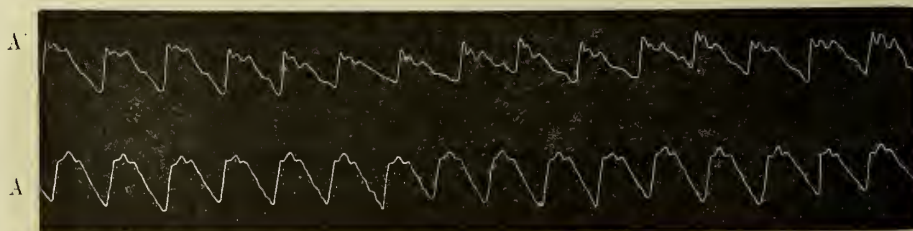
§ 2.

La forma tricuspidale del polso non è esclusivamente propria del cervello, ma noi la troviamo frequente anche nell'antibraccio, nella carotide e nei grossi vasi che stanno nella cavità del torace. Il polso tricuspidale è un fenomeno che dipende dallo stato dei vasi: infatti quando si produce una contrazione delle loro pareti noi osserviamo che il polso da anacrotico diventa catacrotico.

Fig. 5.

Modificazioni del polso del cervello per una contrazione dei vasi sanguigni.

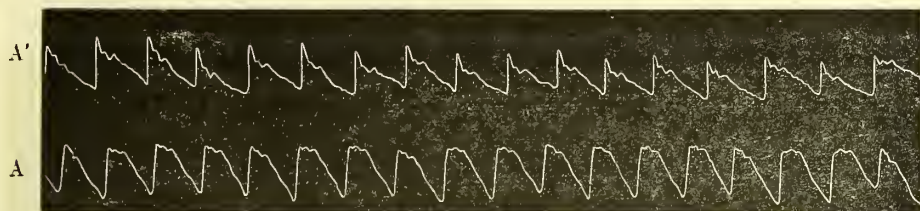
Ecco un esempio delle successive trasformazioni che subisce la forma del polso nel cervello per una contrazione dei vasi sanguigni di quest'organo. Il presente tracciato, come tutti i successivi scritti dal cervello, furono ottenuti coll'apparecchio descritto nel capitolo secondo.

Il polso dell'antibraccio può avere una forma identica a quella del cervello e presentare spontaneamente delle trasformazioni identiche, come si vede nella figura 6. La linea A rappresenta il polso dell'antibraccio del sig. Caudana mentre stava coricato e pronfondamente tranquillo. La linea superiore A′ venne scritta un minuto dopo, mentre io gli rivolgo la parola.

Fig. 6.

A *Polso dell'antibraccio nello stato di profonda tranquillità.* — A′ *Polso dell'antibraccio della medesima persona durante l'attività cerebrale.*

Per misurare quanto fosse grande la contrazione dei vasi in simili trasformazioni del polso, ho misurato nel sig. dott. Cervello, per mezzo del pletismografo unito all'idrosfigmografo, il valore della diminuzione di volume nell'antibraccio.

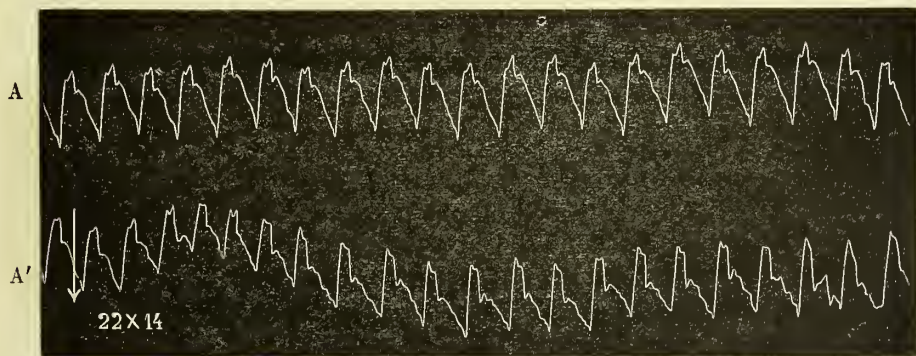
Noi troviamo che mentre il suo polso era tricuspidale nello stato di riposo, fig. 7. linea A, divenne fortemente catacrotico per una inalazione di ammoniaca. Le pulsazioni che nel tracciato A presentano una forma catacrotica corrispondono alla inspirazione. Nel minuto successivo, quando il volume dell'antibraccio era diminuito di 16 cent. cubici, il polso aveva la forma indicata nella linea A'.

Fig. 7.

A Polso dell'antibraccio nello stato normale. — A' Modificazione del polso dovuta all'inalazione di ammoniaca.

La contrazione dei vasi andò più oltre, cosicchè osservai in un minuto un abbassamento del volume di oltre 20 cent. cubici. Questa esperienza è interessante anche dal punto di vista farmacologico. Io la ripeto da più anni nella scuola per dimostrare l' azione dell' ammoniaca sui vasi sanguigni, e dare una ragione evidente delle applicazioni che se ne fa nei casi più comuni. Un rimedio che in così breve spazio di tempo produce il passaggio di oltre 20 cent. cubici di sangue dal solo antibraccio verso le parti più interne del corpo, deve naturalmente essere un sussidio efficace quando si tratta di spingere il sangue dalla periferia del corpo verso i centri per attivare la circolazione e ristabilire le funzioni dei centri nervosi.

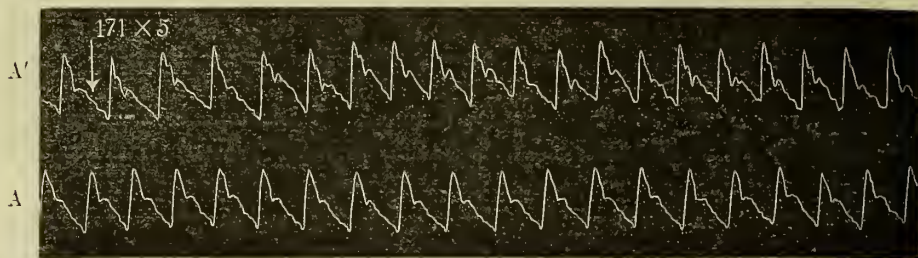
§ 3.

L'attività cerebrale è uno dei mezzi con cui si può trasformare facilmente il polso anacrotico in catacrotico. Basta a tale scopo di aspettare che la persona su cui facciamo le nostre esperienze sia profondamente tranquilla e quindi di proporgli una questione qualsiasi, come ad esempio la soluzione mentale di un problema di aritmetica.

Fig. 8.

A Polso dell'antibraccio. — A' Modificazione del medesimo per effetto dell'attività cerebrale.

Ecco un tracciato preso sull'antibraccio dello studente di medicina sig. Riva coll'idrosfigmografo. Nella linea A, fig. 8, il polso è tricuspidale. In ↓ gli dico di moltiplicare 22×14; il polso diventa più piccolo e più frequente e quindi succede una notevole diminuzione nel volume dell'antibraccio in cui la frequenza dei battiti cardiaci è leggermente diminuita. Il profilo della curva è divenuto catacrotico.

Quando nel polso dell' antibraccio non è visibile l'elevazione S, basta di far contrarre i vasi perchè essa comparisca. Ecco un esempio di questa trasformazione ottenuta coll'attività cerebrale, nel tracciato A' fig. 9.

Fig. 9.

Comparsa dell'elevazione S *nel tracciato del polso, linea* A', *per effetto dell'attività cerebrale.*

Nello stesso sig. Riva trovo che il polso dell'antibraccio nella profonda quiete è catacrotico: tracciato A. Gli propongo in ↓ di moltiplicare 171×5: tracciato A'. La contrazione dei vasi che si produce durante l'attività del cervello è accompagnata dallo sviluppo della elevazione S che prima non era percettibile.

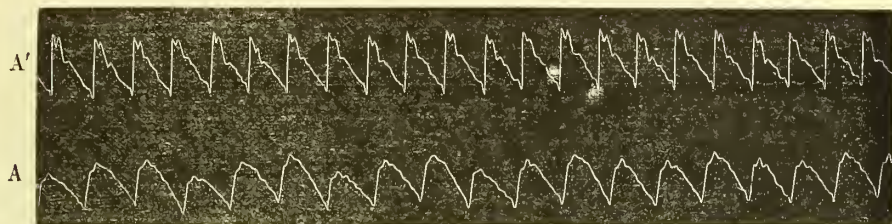
Vedremo nel capitolo intorno al sonno che una delle condizioni per constatare come tipo normale del polso la forma a tricuspide è la quiete profonda della persona soggetta all'osservazione. Appena il cervello entra in attività, o noi passiamo dal sonno alla veglia, immediatamente si trasforma il profilo delle pulsazioni tanto nel cervello quanto nell' antibraccio: e si ristabilisce nuovamente la forma tricuspidale quando ritorniamo alla quiete di prima.

§ 4.

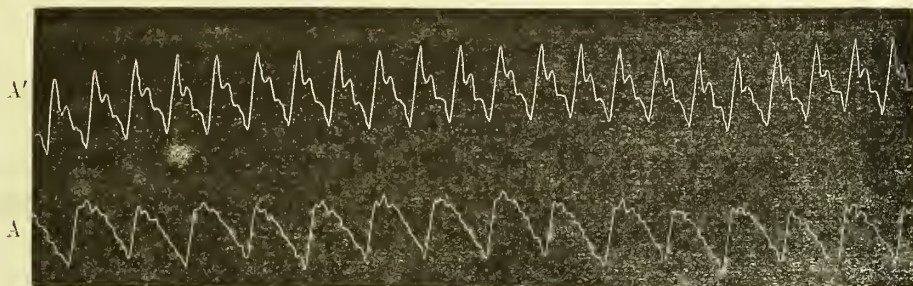
Nel mio lavoro sulle *variazioni locali del polso* vi è un intero capitolo intorno alla forma del p o l s o a d i g i u n o e d o p o c o l a z i o n e. La differenza è generalmente così grande, che i tracciati presi a digiuno o dopo il pasto si distinguono anche guardandoli superficialmente. Per dare un esempio della grande facilità con cui l'occhio percepisce le note caratteristiche del polso, dirò che scorrendo in fretta i fogli della mia collezione di tracciati, distinguo subito senza dover leggere in margine, o cercare nel giornale, quelli che vennero scritti nel mattino o nel pomeriggio, dopo la colazione ed il pranzo.

Non parlo qui della differenza nel ritmo perchè si sapeva già da tempo immemorabile che il cuore dopo il pasto si contrae con maggior frequenza di prima. La nostra attenzione deve prendere di mira esclusivamente la forma del polso, e limitarsi al modo con cui sono disposte le tre elevazioni sopraccennate. Ora, fatte

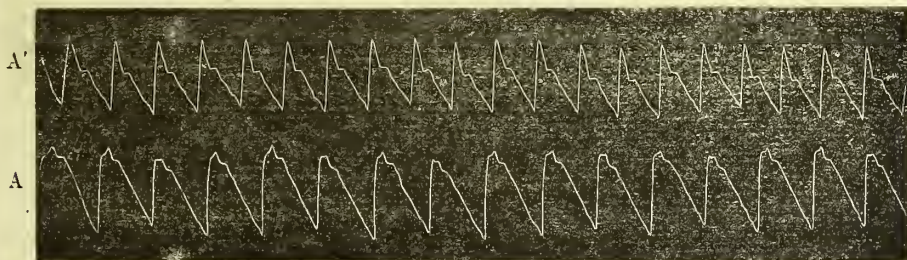
poche eccezioni, si può stabilire che a digiuno la forma del polso è tricuspidale e che dopo il pasto diventa catacrotico.

Fig. 10.

Prof. Pagliani; A *Polso dell'antibraccio a digiuno.* — A' *Polso della medesima persona dopo colazione.*

Dei molti esempi che potrei riferire in riguardo ne scelgo due che presi sopra il prof. Pagliani, fig. 10, e il dott. Albertotti, fig. 11, un giorno che li invitai a far colazione con me nel laboratorio. Essi erano rimasti digiuni fino al tocco: scrissi prima il tracciato normale a digiuno A. Dopo si fece una buona colazione e trascorsa 1 ora e 30 minuti si scrisse il tracciato A'. Credo inutile di soggiungere che ho preso tutte le precauzioni per allontanare ogni errore che potesse dipendere da una differenza nell'applicazione dell'idrosfigmografo.

Fig. 11.

Dott. Albertotti: A *Polso a digiuno.* — A' *Polso dopo colazione.*

Nella stessa circostanza venne pure scritto il polso sopra di me prima e dopo la colazione, fig. 12. La semplice ispezione di questi tracciati basta per dimostrare che vi è una profonda differenza fra il polso a digiuno A e quello dopo colazione B. Il fatto della introduzione copiosa di alimenti nel nostro organismo basta per produrre col loro assorbimento una trasformazione del polso e farlo catacrotico.

Fig. 12.

A. Mosso; A *Polso a digiuno.* — A' *Polso dopo colazione.*

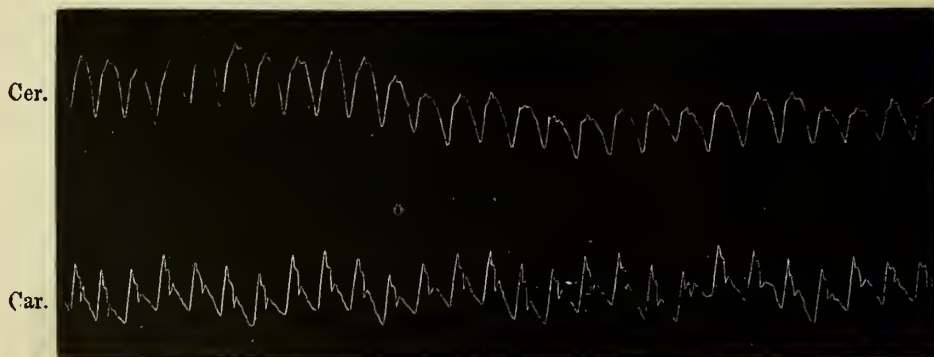
Ho già espresso altrove il convincimento che la causa più importante di questa variazione sia riposta in un aumento del tono delle pareti vasali. Ora abbiamo una conferma di questa opinione nell'analogia che ci obbliga a classificare questo fenomeno fra altri, in cui è indubbiamente contrastata la produzione di una contrazione dei vasi.

Intorno ai mutamenti che subisce il polso del cervello per effetto del cibo, posseggo solo le osservazioni che feci su Bertino il giorno che egli venne nel mio laboratorio. Dopo aver scritto sei fogli col cilindro grande modello di Marey, facciamo una pausa di un' ora. Gli ultimi tracciati scritti a digiuno sono riprodotti nel seguente capitolo intorno all'attività cerebrale, tav. I. Appena suonato mezzogiorno sospendo: levo il braccio di Bertino dal pletismografo, dopo aver segnato con inchiostro sulla pelle del gomito dove si trovava il manicotto, e gli lascio sul capo la placca di guttaperca. Invito Bertino a far colazione con me ed egli mangia abbondantemente pane, salame, formaggio e frutta, e beve due bicchieri di vino bianco di Canelli.

Ad un ora ricomincio, tav. I. linea 5, mettendomi nelle stesse condizioni di prima, e scrivo 4 altri fogli. Da questi tracciati, di cui pubblico le osservazioni fatte per due minuti successivi, un'ora e mezzo dopo la colazione, risulta in modo evidente che anche il polso del cervello è divenuto catacrotico. Le sue pulsazioni sono più piccole e molto più regolari.

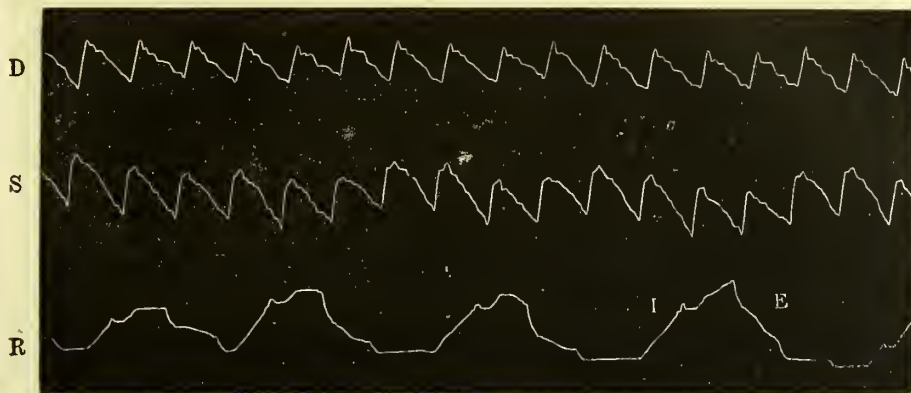
§ 5.

Dissi poco prima che il polso tricuspidale è un fenomeno che dipende dallo stato dei vasi, ora ecco le prove di questa asserzione.

Se noi scriviamo contemporaneamente il polso del cervello e delle carotidi, troviamo spessissimo che nel cervello è tricuspidale, mentre nelle carotidi è catacrotico, come si vede nella seguente figura 13.

Polso della carotide Car. *scritto contemporaneamente al polso del cervello* Cer.

Questo tracciato ci prova, che l'onda è divenuta tricuspidale passando dal tronco arterioso nelle sue ramificazioni. Così pure se noi scriviamo insieme il polso delle carotidi e dell' antibraccio possiamo persuaderci che il polso tricuspidale è un fenomeno periferico; perchè nella carotide le pulsazioni sono quasi sempre catacrotiche, mentre sono generalmente tricuspidali nel braccio.

Un' altra prova anche più evidente della indipendenza di questa forma del polso dal cuore sta in ciò, che il polso, anche nelle condizioni normali, può essere anacrotico in un braccio e catacrotico nell' altro. Valga il presente esempio, fig. 14, per molti che potrei riferire in proposito.

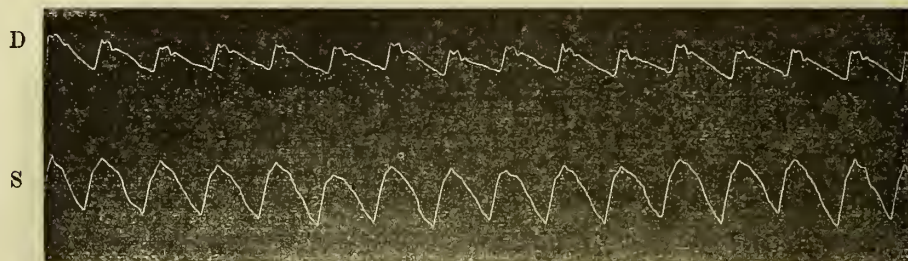
Fig. 14.

Polso dell'antibraccio destro D *scritto contemporaneamente al sinistro* S.
La linea R *rappresenta il tracciato del respiro scritto nello stesso istante.*

La linea superiore D corrisponde al braccio destro, la seconda S al sinistro e l' ultima R segna i movimenti del respiro scritti contemporaneamente col cardiografo di Marey. Credo quasi inutile soggiungere che prima di ammettere tale differenza nel polso delle due braccia io mi assicurai se persisteva il medesimo fenomeno invertendo i timpani. Durante l' inspirazione la linea R si eleva e si abbassa nell' espirazione come lo indicano le lettere I E, messe sulla medesima. Il volume dell' antibraccio sinistro presenta delle oscillazioni che corrispondono ai movimenti del respiro. Esamineremo in altro capitolo questo fenomeno; per ora notiamo che la forma del polso si modifica secondo i movimenti del respiro. Le pulsazioni più distintamente tricuspidali corrispondono in questo tracciato alla fine dell' espirazione e le più catacrotiche alla fine dell' inspirazione.

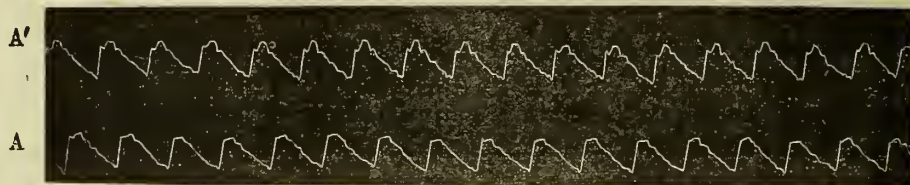
Ognuno comprenderà facilmente come dopo simili osservazioni venisse spontaneo il desiderio di penetrare più addentro nelle condizioni di questo fenomeno e come tutta la mia attenzione dovesse rivolgersi alla ricerca dei mezzi più atti per rendere a piacimento il polso anacrotico in un braccio lasciando immutata la sua forma nell'altro. Io non conosco altra via per giungere più direttamente alla conoscenza delle cause da cui dipende una simile trasformazione. Uno dei primi metodi che trovai efficace per rendere anacrotico il polso di un braccio mentre nell'altro si conserva catacrotico, consiste nel raffreddare prima fino a 6° o 7° tutto l'antibraccio destro nell' idrosfigmografo e nel sostituirvi dopo dell'acqua successivamente sempre più calda, fino a 40° o 42° C. I vasi per questa azione della temperatura si sfiancano e quanto più è grande la loro paralisi, altrettanto nel polso è più apparente la forma tricuspidale.

Faccio una esperienza sopra me stesso. Applico un idrosfigmografo su ciascun antibraccio; assicuratomi che il polso è quasi eguale nelle due estremità, raffreddo l'acqua nel cilindro di sinistra fino a 7° e quindi riscaldo rapidamente l'acqua nel

medesimo fino a 36.° Nella seguente figura la linea S rappresenta il polso dell' antibraccio sinistro, D il destro; nel primo il polso è tricuspidale, nel secondo è catacrotico.

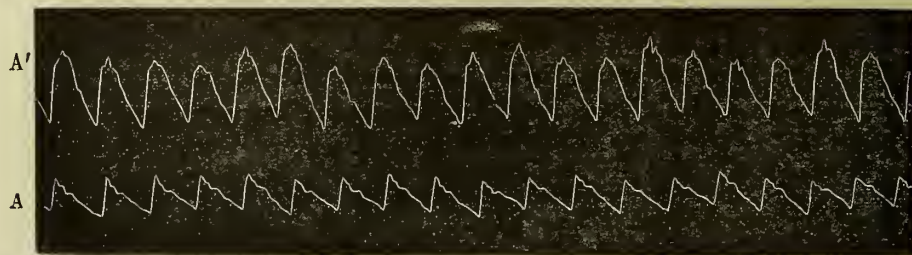
Fig. 15.

Trasformazione del polso nel antibraccio sinistro S *per effetto della temperatura, mentre il destro* D *rimane normale.*

Altre volte si ottiene il medesimo effetto per mezzo del semplice raffreddamento. Fu nei vecchi che osservai una simile trasformazione. Bianchetti Tommaso d'anni 80 presenta verso le 11 del mattino la seguente forma del polso nell'antibraccio destro fig. 16 A. Si raffredda l'acqua nel cilindro dell'idrosfigmografo fino a 13°; dopocirca dieci minuti il polso, come si vede nella linea A′, prende una forma più distintamente tricuspidale.

Fig. 16.

Trasformazione del polso per effetto del freddo in A′

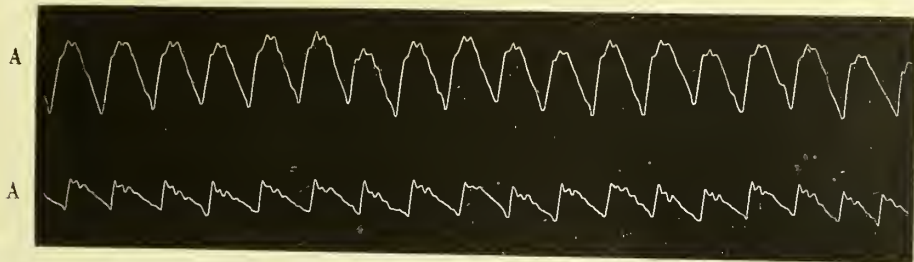
È a desiderarsi che qualcuno intraprenda uno studio diligente del modo con cui reagiscono i vasi sanguigni in differenti epoche della vita, per i medesimi eccitamenti. Questo lavoro che manca fino ad oggi, formerebbe un capitolo interessante nella fisiologia comparata del sistema vasale.

Un mezzo più semplice per trasformare il polso catacrotico del braccio in anacrotico, lasciando inalterata la forma del polso nel braccio opposto, è la contrazione musculare prolungata, sia essa fatta spontaneamente, oppure per mezzo di una

Fig. 17.

A *Polso normale dell'antibraccio.* — A′ *Modificazione del medesimo, in seguito alla contrazione muscolare per una corrente indotta.*

corrente indotta. Ho già scritto intorno a questo argomento un intero capitolo nel mio lavoro intorno alle *variazioni locali del polso*; qui riferisco solo due esperienze per dimostrare che il polso dell'antibraccio può in questo modo rendersi affatto simile al polso del cervello, come si vede nei seguenti esempi presi sopra il sig. Roth.

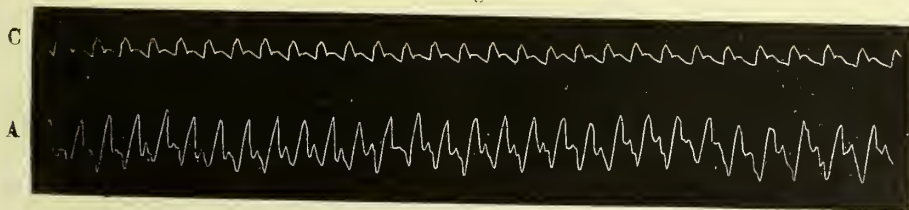
La linea A fig. 17 rappresenta il polso dell'antibraccio destro nello stato normale: la linea A′ il polso del medesimo braccio circa 10 minuti secondi dopo che finì la contrazione per una corrente indotta non troppo forte che durò 40 secondi. Il polso che prima era catacrotico, divenne completamente tricuspidale, ed il medesimo fenomeno si ripete nella seguente esperienza per mezzo di una contrazione spontanea nei muscoli dell'antibraccio.

Fig. 18.

A *Polso normale dell'antibraccio.* — A′ *Modificazione che segue la contrazione spontanea dei muscoli impugnando fortemente la mano.*

Nello stesso sig. Roth il polso catacrotico dell'antibraccio destro, linea A, divenne tricuspidale in A′ dopo una contrazione spontanea che durò appena 30 secondi impugnando fortemente la mano.

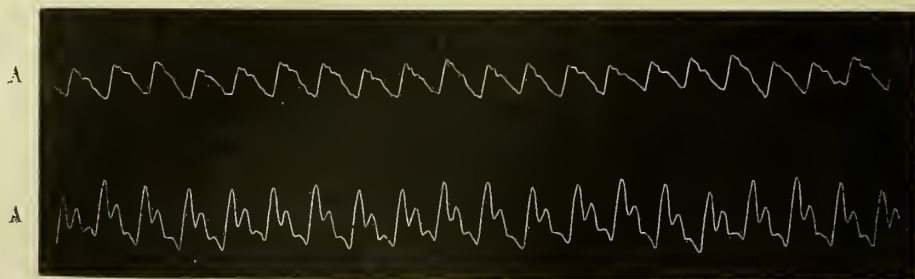
La trasformazione del polso nei grossi tronchi arteriosi è assai più difficile ad ottenersi; e tutti i metodi sopradetti valgono solo per le ultime ramificazioni delle arterie.

L'indirizzo che seguii in questi tentativi era (come già può supporsi dal risultato delle esperienze precedenti) di diminuire quanto più fosse possibile il tono dei vasi periferici di un tronco arterioso. Infatti per mezzo del nitrito di amilo sono riuscito in alcuni casi a produrre una paralisi tale dei vasi che il polso divenne anacrotico anche nelle carotidi, come può osservarsi dal seguente tracciato, fig. 19 linea C, preso sopra il sig. Garzena. Per ragione di brevità riferisco solo un frammento preso

Fig. 19.

Polso della carotide C — *e dell'antibraccio* A *dopo una inalazione di nitrito di amilo.*

circa 8 secondi dopo che cessò l'inalazione col nitrito di amilo. Nelle prime pulsazioni è ancora visibile l'anacrotismo e questo va successivamente scemando a misura che scompare l'azione del medicamento. Un'altra trasformazione producesi nell'antibraccio di cui scrissi contemporaneamente il polso nella linea A. Noi osserviamo

cioè che l'elevazione dicrotica s'avvicina successivamente sempre più all'apice della pulsazione mentre va ristabilendosi lo stato normale.

Fig. 20.

Trasformazione del polso A *in* A' *per mezzo della pressione di una colonna d'acqua alta* 20 *centim.*

L'elevazione S si può far scomparire per mezzo di una semplice pressione alla superficie dei vasi, rinforzando l'elevazione dicrotica, e l'ultima elevazione che precede di poco la diastole dell'arteria. Infatti dopo aver osservato questa elevazione nel polso del sig. Garzena, fig. 20, innesto un tubo messo verticalmente sull' apertura anteriore del cilindro di vetro in cui sta immerso l'antibraccio e vi faccio una pressione di 20 cent. d'acqua, registrando nello stesso modo i cambiamenti di volume del braccio. L'elevazione S scompare e divengono molto più forti l'elevazione dicrotica e l'ultima presso l'ascissa.

La prima elevazione S del polso è talora così rudimentale che imprime appena una leggera sinuosità alla linea ascendente del polso. Questa invece di formare una linea retta prende la forma di un S molto allungata, come era stato detto dal Landois ([1]).

Se noi mettiamo un ostacolo al circolo sanguigno in modo che il volume del cervello aumenti, come succede nella compressione delle vene giugulari, compare subito questa elevazione nella parte ascendente ed il polso diventa anacrotico mentre prima era catacrotico. Gli esempi di queste modificazioni del polso si trovano nel capitolo intorno all' iperemia ed anemia del cervello.

Lo sfigmografo di Marey non poteva dare l' elevazione S come un fattore costante della curva sfigmica, perchè la pressione della molla deforma il tracciato e rende più forte il dicrotismo come osservai nei tracciati che noi otteniamo coll' idrosfigmografo sotto una pressione maggiore dell'ordinaria. L' idrosfigmografo, quantunque più sensibile dello sfigmografo di Marey, presenta esso pure una certa resistenza all' estrinsecazione delle tre elevazioni caratteristiche nella prima metà della curva sfigmica.

Quando l'apice della curva è arrotondato si riesce spesso per mezzo della lente a riconoscere l' elevazione S: oppure si può renderla manifesta diminuendo il contatto della penna col cilindro, e scemando l' attrito con una infumatura più leggera della carta.

Desidero di estendere maggiormente il campo delle mie osservazioni prima di pronunciarmi sulle condizioni meccaniche che generano l'anacrotismo del polso. Spero

([1]) Opera citata pag. 151.

che quanto esposi in questo capitolo basterà per dare un nuovo impulso allo studio più diligente di un fenomeno che fino ad oggi credevasi appartenere esclusivamente al campo della patologia e che io considero come un fenomeno normale nel polso degli organi.

Siccome Landois studiò pel primo le cause da cui possono dipendere le elevazioni anacrotiche negli apparecchi schematici, mi credo in dovere di riferire sul fine di questo capitolo le sue conclusioni.

« Ganz allgemein ausgedrückt, wird dies allemal dann stattfinden, wenn die Zeit, innerhalb welcher das elastische Rohr den höchsten Grad der Ausdehnung erfährt, länger ist als die Sckwingungszahl der gespannten elastischen Röhrenwandung. Alle Momente also, welche die Zeit bis zur maximalen Ausdehnung verlängern, oder die Schwingungszahl der gespannten elastischen Wand vergrössern, werden im Stande sein, anakrote Elevationen zu bervirken. Die Grösse der Zeit aber, innerhalb welcher das elastische Rohr den höchsten Grad der Ausdehnung erfährt, hängt ab von der Stärke des Druckes, mit welcher die Flüssigkeitsmenge in das elastische Rohr hineingervorfen wird. Das sind die Momente, von denen das Auftreten der Anakroten Elevationen abhängig sein kann » ([1]).

CAPITOLO IV.

La circolazione del sangue nel cervello durante l'attività del pensiero e le emozioni.

§ 1.

Lo studio dei mutamenti che subisce la circolazione del sangue per effetto dell'attività cerebrale è un problema pieno di gravi difficoltà, quando si vogliano distinguere le modificazioni del circolo sanguigno che sono proprie del cervello, da quell'altre che appartengono all'intero organismo e che hanno la loro causa nella mutata energia e frequenza delle contrazioni cardiache, o nelle variazioni generali della pressione sanguigna.

Essendo il cervello un organo che si sottrae alla volontà, perchè non possiamo col nostro arbitrio imporgli un riposo assoluto, le variazioni che può subire in esso il movimento del sangue durante la veglia si riferiscono assai più spesso ad una variazione nell' energia del lavoro intellettuale, anzichè ad un reale passaggio delle funzioni di quest'organo dallo stato di riposo assoluto a quello della sua completa attività.

La prima tavola rappresenta le trasformazioni successive che il polso subisce contemporaneamente nel cervello e nell' antibraccio durante quattro minuti. Questi tracciati sono presi da una serie di osservazioni fatte su Bertino il 24 settembre 1878.

Il braccio destro trovasi nell' idrosfigmografo e sulla apertura del capo venne applicata la lamina di guttaperca che fa comunicare la cavità del cranio col timpano

[1] Ibidem. pag. 151.

registratore. Bertino mangiò di buon'ora una minestra: egli è profondamente tranquillo e distratto.

Le due linee anteriori al tracciato A C, che io per brevità non ho voluto riferire sono quasi del tutto orizzontali: il cervello mostra solo ad intervalli delle leggiere ondulazioni analoghe a quelle che osservansi nella linea 1 C.

Nella prima metà del tracciato dell'antibraccio 1 A, si osservano due oscillazioni abbastanza cospicue *m n* che probabilmente devono attribuirsi a due movimenti inspiratori più forti. In questo istante essendo io distratto da qualche altra cosa non mi accorsi della modificazione avvenuta nel polso dell'antibraccio. Nel giro successivo del cilindro, linea 2 (A C) appena mi accorgo di questa irregolarità, temendo che sia dovuta ad un movimento della mano raccomando a Bertino di stare immobile. Questa preghiera che io gli faccio nel principio del tracciato 2 (A C) gli parve un rimprovero: perchè avevo già avuto prima parecchie volte occasione di insistere onde ottenere la più assoluta immobilità. Per effetto di tale emozione noi vediamo che il polso del cervello nel tracciato 2 (A C) è alquanto più alto di prima. In α gli domando se pensa a qualche cosa — Bertino risponde di no. Malgrado questa asserzione io credo che egli fosse seriamente preoccupato dalle mie parole.

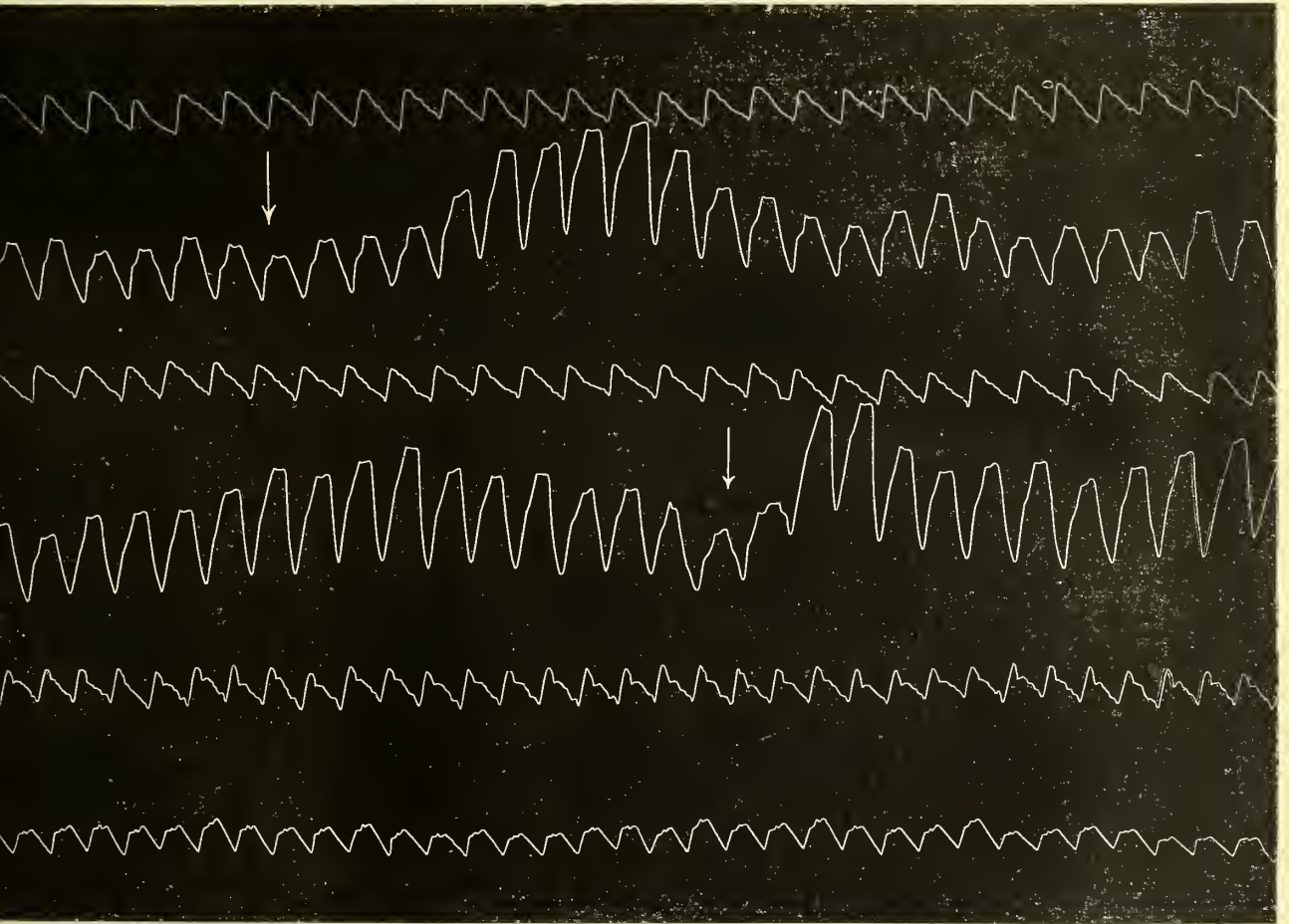
Nel tracciato 3 (A C) stiamo entrambi in silenzio. Nel principio del medesimo si vede una irregolarità nel ritmo dei battiti cardiaci. Vi sono 3,04 rivoluzioni cardiache più rapide e subito dopo alcune altre più lente. Il volume del cervello e dell' antibraccio si comportano durante questa variazione nel ritmo del cuore in modo affatto inverso. Cosicchè mentre le pulsazioni dell'antibraccio, linea A, si abbassano, quelle del cervello, linea C, si elevano. Ritengo che la variazione nel ritmo dei movimenti cardiaci non basta per se sola a produrre questo antagonismo, ma che deve essere succeduta contemporaneamente una contrazione dei vasi nell'antibraccio la quale fu causa dell'aumento di volume del cervello: come pare accennato dal rapporto nell' altezza delle pulsazioni del cervello e dell' antibraccio. Queste variazioni del polso verranno trattate più estesamente in un prossimo capitolo. Nella seconda metà del tracciato 3 (A C) il polso del cervello aumenta nuovamente in ampiezza senza alcuna causa nota, e senza che vi sia una modificazione percettibile nel polso dell'antibraccio. Dopo, nella parte di questo tracciato che non venne riprodotta, decresce nuovamente e ritorna allo stato di prima.

Sul principio della linea 4 (A C) entra nella stanza un mio collega il quale si mette ad osservare attentamente Bertino e tutto l'insieme degli apparecchi che funzionavano. Il polso del cervello diventa molto più elevato di prima e l'afflusso di sangue a quest' organo è maggiore perchè ne aumenta il volume. Verso la metà del tracciato Bertino muove involontariamente le dita come si vede dall'irregolarità *p* che compare nel mezzo della linea A; dopo si fa una pausa di 5 minuti.

§ 2.

Finita la visita del mio collega quando vidi che Bertino era nuovamente tranquillo, scrivo il tracciato 1 (A C′) della fig. 21, donde si scorge che il polso del cervello e dell'antibraccio avevano ripreso la loro forma normale. Nel minuto successivo gli domando quante uova ci vogliono per fare 12 dozzine.

Le esperienze precedenti mi avevano dimostrato che per fissare la sua attenzione bisognava concretare una moltiplicazione in uno dei problemi che si presentavano più comunemente nella sua vita di contadino. L'enunciato di una moltiplicazione astratta di semplici numeri, egli la considerava come una cosa inutile, e non ci pensava sopra con eguale interesse. Le pulsazioni del cervello appena incomincia l'operazione mentale diventano immediatamente più grandi. Disgraziatamente egli muove le dita, e si deforma il tracciato del polso bracchiale. Io gli rimprovero con

Fig. 21.

Modificazioni nella circolazione sanguigna del cervello per fenomeni psichici.— A *Polso dell'antibraccio* — C *Polso cerebrale: scritti contemporaneamente.*

tono piuttosto forte che egli mosse le dita e che mi guastò l'esperienza. Siccome gli avevo già fatto mezz'ora prima una simile ammonizione egli se ne risentì; mi accorgo che diventa rosso nel volto, e tiene umiliato gli occhi al suolo. Tralascio questa linea e riproduco il tracciato scritto 30 secondi dopo quest'accidente, mentre era ancora visibilissimo l'effetto dall'emozione cerebrale 2 (A C).

Le pulsazioni del cervello sono più elevate, non si vede che siansi contemporaneamente mutate quelle dell'antibraccio. La frequenza delle sistoli cardiache rimane

inalterata. Nella 2ª linea dove c'è il segno ↓ l'orologio che era nella stanza e dava un suono piuttosto forte, batte le 12. La sensazione inaspettata di questo suono viene seguìta da un nuovo aumento nel volume del cervello e da un'ampiezza maggiore delle pulsazioni.

Se avessi riprodotto nella presente figura la continuazione del tracciato 2 (A C) si vedrebbe un tale aumento nell'afflusso di sangue al cervello che la ventesima pulsazione dopo il segno ↓ (il quale corrisponde al momento in cui suona il primo tocco delle 12) oltrepassa di molto la linea delle pulsazioni dell' antibraccio che vi sta sopra: per guisa che fui obbligato ad aprire la *clarinette* onde la membrana del timpano non fosse troppo distesa. Vedendo una elevazione così straordinaria delle pulsazioni cerebrali cui corrisponde una modificazione relativamente piccola nella forma del polso bracchiale, domando a Bertino nella linea 3 (A C) dove ci è il segno ↓, se a mezzogiorno egli è solito dire l'avemaria. Questa interrogazione mi era stata suggerita dal dubbio che il forte cambiamento nella circolazione del cervello, dopo che suonò mezzogiorno fosse dovuto all'emozione che egli provava di non poter fare il segno della croce a mezzogiorno, o di recitare una preghiera, come sono soliti i contadini delle nostre campagne. Infatti Bertino mi rispose che *qualche volta dice un'avemaria.*

Credo quasi inutile di avvertire che facendo queste esperienze per stabilire i rapporti dell'attività cerebrale colla circolazione del sangue io mi ero circondato di tutte le cautele per ottenere dei buoni risultati. Così oltre all'aver scelto una stanza isolata dove non pervenissero suoni o rumori dall'esterno, io avevo pregato il dottor De Paoli di stare dietro le spalle dell'ammalato. La consegna più rigorosa, cui mi assoggettavo io stesso, era quella di non muoversi e di non parlare che nei casi di assoluto bisogno. Bertino volgeva il capo verso il muro in modo che nulla lo disturbasse.

Constatato quest'aumento nel volume del cervello e nell'altezza delle pulsazioni sotto l'influenza dell'attività cerebrale e delle emozioni, tentiamo di analizzare meglio questi fenomeni, e di conoscerne la causa ed il meccanismo.

Prendiamo altri tracciati dell'attività cerebrale, dove Bertino non abbia mosso le dita durante l'osservazione, come successe per sua inavvertenza nell'ultima osservazione della fig. 21. Osservando le curve del polso cerebrale e dell'antibraccio, tav. I. — 5 (A C) si vede subito che esse hanno un profilo diverso dalle precedenti. Il tipo delle pulsazioni è un altro, per la semplice ragione che Bertino nella prima esperienza era digiuno e qui invece noi registravamo il polso dopo che egli aveva fatto colazione. Ritorneremo su questo argomento in un altro capitolo speciale: per ora mi basta di far notare come per la introduzione degli alimenti nell'organismo siasi modificata in modo sensibilissimo la forma del polso, tanto nel cervello quanto nell'antibraccio di Bertino.

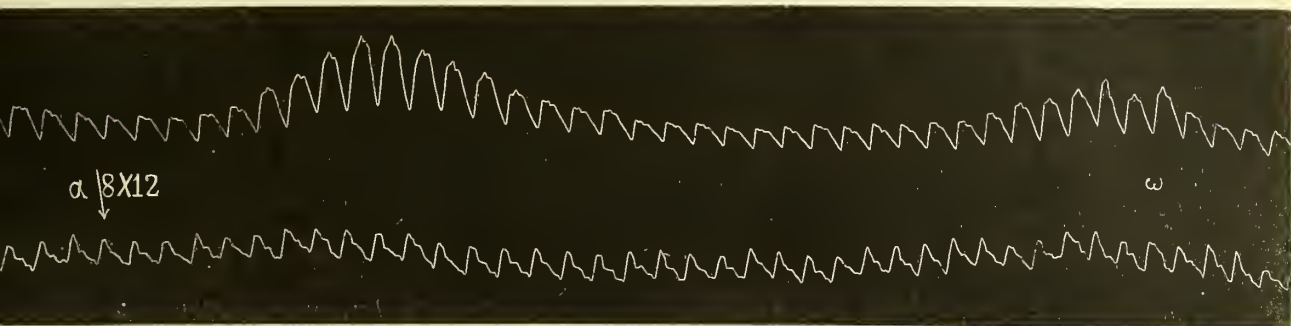
Nel segno ↓ gli propongo di moltiplicare 8×22; in ω egli enuncia il prodotto.

La fig. 22 ci dà un altro esempio delle modificazioni che succedono nella circolazione del cervello durante un lavoro della mente. Dove c' è il segno ↓ gli do una moltiplicazione da eseguire mentalmente 8×26. Anche qui si vede chiaramente che l'altezza delle pulsazioni e il volume del cervello aumentano nel principio dell'operazione mentale. Nella prima moltiplicazione 8×12 il volume del cervello durante l'attività cerebrale rimane più grande di quanto non fosse nel riposo, e subisce una

rapida diminuzione appena viene enunciato il prodotto. Nella seconda moltiplicazione 8 × 12, che deve essere riuscita più facile a Bertino, la modificazione del polso cerebrale è minore.

La forma delle pulsazioni nell'antibraccio non è sensibilmente mutata durante questi mutamenti della circolazione nel cervello.

Da questi tracciati appare eziandio che la modificazione nel circolo è maggiore e talora solo evidente nel principio e nel fine dell'operazione. Il lavoro del cervello è infatti più attivo nel momento in cui si afferra il problema e nel momento in cui se ne pronuncia il risultato.

FIG. 22.

Polso del cervello C *e dell'antibraccio* A *scritti contemporaneamente durante l'attività del pensiero.*

Che cosa succeda nei vasi di altre parti del corpo durante l'attività cerebrale io l'ho già dimostrato in due precedenti lavori, misurando dapprima i cambiamenti di volume che si producono nell'antibraccio per una semplice moltiplicazione (1) e dopo registrando le trasformazioni che succedono nel polso dell'antibraccio. Tutte due queste serie di esperienze provarono che nell'antibraccio, durante l'attività cerebrale, vi è una forte contrazione dei vasi (2). Queste mie prime indagini vennero dopo confermate da altri, fra i quali mi piace di ricordare il prof. Thanhoffer che pubblicò recentemente una serie di tracciati in proposito (3). È probabile che la contrazione dei vasi osservata nelle due braccia si produca anche nelle estremità inferiori e in tutta la pelle del corpo. Comunque sia è un fatto che la pressione del sangue aumenta nel momento in cui si stabilisce un lavoro più attivo del cervello.

Se non ci basta la misura della contrazione dei vasi fatta nell'antibraccio, noi possiamo applicare lo sfigmografo di Marey sopra la radiale, o sopra un grosso tronco arterioso, come fece Thanhoffer e vi troviamo una dilatazione dell'arteria durante l'attività cerebrale. La pressione maggiore che è capace di aumentare il diametro di un'arteria, quando essa non sia abbondantemente provveduta di fibre muscolari, è la causa prima dell'afflusso più copioso di sangue al cervello.

(1) *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo.* R. Accademia delle scienze di Torino, 1875. Capitolo. *Sui movimenti dei vasi sanguigni che accompagnano le emozioni e l'attività del cervello.*

(2) *Sulle variazioni locali del polso.* R. Accademia delle scienze di Torino, 1877. Capitolo. *Sui mutamenti del polso per influenza dell'attività cerebrale.*

(3) *Der Einfluss der Gehirnthätigkeit auf den Puls.* Pflüger's Archiv 1879 pag. 225.

A questi fattori noi dobbiamo aggiungere un leggero aumento nella frequenza e nell'energia delle sistoli cardiache.

Un esempio assai eloquente delle modificazioni che si producono nella circolazione sanguigna del cervello, è rappresentato nella tavola II. 6 (R C). Bertino era profondamente tranquillo, mentre si scriveva la respirazione del torace per mezzo del pneumografo di Marey linea R, contemporaneamente al polso del cervello linea C. In α gli dico che la suora di carità non è troppo contenta di lui, perchè egli passeggia continuamente nelle sale, e spesso scende nel giardino nelle ore in cui è difeso. Questa riprensione quantunque fatta in tono amichevole ebbe un effetto potentissimo sulla circolazione del sangue nel cervello. Il respiro si è modificato di poco. Solo succede una inspirazione più profonda nel principio dell'emozione, quando il cervello è aumentato notevolmente di volume.

Il fatto che caratterizza le emozioni è dunque l'afflusso più copioso di sangue al cervello, l'aumento del suo volume e l'altezza maggiore delle sue pulsazioni. In A apro il clarinetto per timore che la penna, la quale scrive i movimenti del cervello, venga a toccare quella che sta in comunicazione col pneumografo.

§ 3.

Fino dal 1876, dopo che io pubblicai le prime osservazioni fatte col pletismografo sui movimenti dei vasi sanguigni che accompagnano le emozioni e l'attività del cervello, il mio amico prof. Franck ([1]) muoveva l'obbiezione che simili mutamenti nella circolazione potessero dipendere da una variazione dei movimenti respiratorî. Gli promisi nella Memoria *Sulle variazioni locali del polso* una risposta categorica ed ora eccoci sull'argomento:

La diminuzione di volume dell'antibraccio e l'aumento di volume che osservai contemporaneamente nel cervello non dipendono da una variazione del respiro per le seguenti ragioni:

I. Perchè noi possiamo scrivere contemporaneamente il polso dell'antibraccio e i movimenti del respiro, e trovare non raramente che l'antibraccio diminuisce di volume durante l'attività cerebrale, mentre si conserva inalterato il ritmo e la profondità dei movimenti respiratorî.

II. Perchè noi possiamo scrivere la curva della respirazione e i movimenti del cervello, e trovare nell'attività cerebrale che questo aumenta di volume, mentre rimane invariata la respirazione.

III. Perchè i caratteri della curva sfigmica dell'antibraccio ci mostrano che realmente ha luogo una contrazione dei vasi; ed essi non corrispondono a quelli che si presentano, quando ha luogo semplicemente una modificazione del respiro.

IV. Perchè essendo comune l'origine delle arterie che vanno al cervello ed al braccio ed eguali i rapporti che esse hanno colla cassa toracica, si dovrebbe (qualora i fenomeni da noi attribuiti ai vasi sanguigni dipendessero da un mutamento della respirazione durante l'attività cerebrale) osservare le stesse identiche variazioni del

([1]) *Recherches critiques et expérimentales sur les mouvements alternatifs d'expansion et de resserrement du cerveau.* Journal de l'anat. et physiol. de Ch. Robin 1877 pag 301.

polso in entrambi gli organi; ciò che non è. Il valore di questa obbiezione è tanto più evidente quando noi osserviamo che nell'attività cerebrale succede precisamente il fenomeno inverso, e vi è un' opposizione nel mutamento di volume dei due organi per cui l'uno aumenta mentre l'altro diminuisce, quantunque sia eguale per entrambi l'azione del respiro.

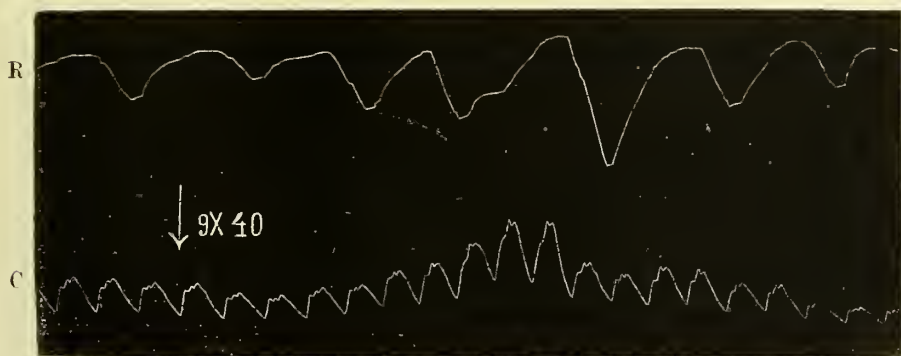
Quando si studiano su molte persone i movimenti della respirazione in rapporto coll'attività del cervello si trova che non è possibile di ridurre ad un solo tipo le variazioni osservate.

Queste indagini che incominciai già fino dal 1874 durante il mio soggiorno nel laboratorio di Ludwig, non mi diedero fino ad ora un risultato soddisfacente: tanto è grande la varietà dei tipi di respirazione, che osservai sopra molte persone nel lavoro intellettuale protratto.

La variabilità somma del respiro messa in rapporto alla costanza con cui si manifesta la contrazione dei vasi nell'antibraccio durante l'attività cerebrale e l'aumento di volume del cervello che osservai sempre non solo in Bertino, ma anche nella Caterina X e in Thron, ci prova ancora una volta, se pure fosse necessario, che il respiro non può considerarsi come un fattore dei fenomeni che studiamo in questo capitolo.

Ecco frattanto due esempi in cui si vede che durante l'attività del pensiero aumenta il volume del cervello, senza che si modifichi contemporaneamente il ritmo della respirazione.

Nel tracciato 7, tav. II. la linea R rappresenta i movimenti del torace scritti contemporaneamente al polso del cervello. La seconda inspirazione, quantunque sia più forte della prima, non ha quasi alcuna influenza sulla forma del polso cerebrale: quando gli si dice di moltiplicare 9 × 12, ne segue una forte modificazione del polso con aumento di volume del cervello, senza una modificazione equivalente nel respiro. In P Bertino enuncia il prodotto. Quantunque succeda in questo istante una inspirazione più profonda di tutte le precedenti, la modificazione del polso è relativamente assai piccola.

Fig. 23.

L'aumento di volume del cervello durante un lavoro della mente non corrisponde ad una modificazione del respiro. — C *Polso del cervello.* — R *Tracciato della respirazione toracica scritta col pneumografo di Marey.*

La figura 23 ci dimostra pure che la modificazione del polso cerebrale nell'attività del pensiero non dipende da una modificazione dei movimenti respiratorî. Infatti

quando gli propongo di moltiplicare 9 × 40 succede un aumento delle pulsazioni nel cervello mentre che l'inspirazione più grande arriva dopo che già si era effettuato l'aumento di volume.

§ 4.

Nel mio primo lavoro *Sulle variazioni locali del polso* (1) ho già stabilito come una regola generale che « l'emozione la quale si produce passando dalla quiete profonda all'attività cerebrale è sempre accompagnata da una modificazione del polso »; e poi soggiungevo come questa legge non escludesse il fatto, che durante un lavoro intellettivo prolungato ed intenso non si osservi alcuna modificazione del polso. Questa legge e la sua restrizione si verificano egualmente per le pulsazioni del cervello. Quando Bertino non si trovava in uno stato di profonda tranquillità e la sua attenzione era già eccitata da una causa qualsiasi, era meno apparnte e talora impercettibile nei fenomeni della circolazione cerebrale il passaggio della mente ad un altro lavoro intellettuale.

Lo studio dei movimenti sfigmici è assai più difficile nel cervello che nell'antibraccio, perchè nel cranio anche nello stato della maggiore quiete non rimane costante la circolazione. Il cervello come ho già detto nel principio di questo capitolo è un organo che si sottrae alla nostra volontà. Esso può lavorare con tanta maggiore energia quanto più cerchiamo di forzarlo al riposo, e la sua circolazione si modifica anche mentre ci manca la coscienza del suo lavoro, come lo prova il seguente esempio. Tav. II. 8 (R C). Bertino era profondamente tranquillo come lo si vede dalla sua respirazione regolarissima e superficiale. In M e in N osserviamo un aumento di volume del cervello consociato ad una elevazione maggiore delle pulsazioni. Bertino non si mosse: tutto rimase in silenzio, ed io non potei accorgermi cosa avesse agito sopra di lui. Finita la linea lo interrogo, ed egli mi risponde che non pensava a nulla e che era completamente distratto.

Le emozioni morali esercitano un' azione assai più manifesta sulla circolazione cerebrale che non il lavoro intellettuale, per quanto ne sia grande la sua energia. Ho già detto che nel primo tracciato, appena finita la moltiplicazione, io avessi sgridato Bertino perchè aveva mosso le dita e guasta l'esperienza. Se noi osserviamo le pulsazioni, troviamo che la loro altezza è divenuta dopo l'osservazione anche più grande di quanto non fosse durante l'attività cerebrale.

Dei molti esempi che potrei riferire in proposito ne scelgo uno dove tale fenomeno si presenta nel modo il più caratteristico. Tavola II. 9 (A C).

Nel principio del tracciato 9-I fo cenno a Bertino di eseguire due forti inspirazioni. Poco dopo che egli effettuò questo mio ordine; mentre sto osservandone gli effetti successivi sul braccio e sul cervello, m'accorgo che muove le dita in ✣. Mi volgo a lui e gli dico, con piglio piuttosto risentito, che egli fa come un ragazzo, e che guasta ogni cosa. Immediatamente il cervello aumenta di volume e le sue pulsazioni diventano così grandi che io devo aprire due volte la clarinette per ricondurre a zero la pressione dei timpani: la prima volta sul finire della linea e la seconda nella

(1) Opera citata pag. 33.

linea 10 (A C) dove vi è il segno ✣. Dopo questo segno il cervello diminuisce nuovamente di volume, e le pulsazioni riprendono poco per volta la forma primitiva come potei osservare nel tracciato successivo, che per brevità non sto a riprodurre. Tengo sott'occhio il foglio da cui ho staccato questi frammenti 9 e 10 tav. II. e trovo che il polso dell'antibraccio e del cervello nel principio del tracciato 9 (A C) è alquanto differente da quanto esso era nel minuto precedente durante il profondo riposo. Questa variazione è dovuta al forte movimento respiratorio eseguito in I. Dopo l' ammonizione il polso dell' antibraccio diventa più piccolo. Nel tracciato si osservano delle oscillazioni respiratorie, probabilmente perchè il respiro divenne più forte, e nel tracciato 10 (A C) mentre va cessando l'effetto della dilatazione vasale, il polso dell'antibraccio ritorna ad essere più grande e si avvicina alla forma normale.

Un' altra volta che Bertino mosse pure involontariamente le dita malgrado le ammonizioni ripetute (tavola III. tracciato 11 (A C) nel principio della linea A che rappresenta il polso dell'antibraccio) non feci altro che volgermi verso di lui e guardarlo in arcigno. Egli si accorse della sua distrazione, e subito vi successe una dilatazione dei vasi cerebrali e le loro pulsazioni divennero 3 o 4 volte più alte di prima. Dopo alcune ondulazioni abbastanza forti il volume del cervello e la forma delle pulsazioni ritornano allo stato primitivo. Il tracciato 12 (A C) che venne scritto immediatamente dopo, rappresenta lo stato della circolazione nell'antibraccio e nel cervello durante la quiete. In M sollevo leggermente le penne per mezzo del sostegno a *bascule* per non guastare la linea 11 C.

Da questi esempi e dalle osservazioni che feci ripetutamente risulta che l' effetto delle emozioni è meno visibile nella circolazione dell' antibraccio, dove pel contrario si rivela regolarmente per mezzo di una contrazione dei vasi. Ho già parlato altrove dei cambiamenti di volume che subisce l'antibraccio in simili circostanze, mi limiterò perciò ad un solo esempio per riguardo alla forma del polso. Tav. III. linea 13.

Lo studente sig. G. Bosio alle 10 del mattino aveva l' antibraccio destro nell' idrosfigmografo e stava profondamente tranquillo. Io scriveva da circa 20 minuti senza interruzione il suo polso per avere un concetto esatto della forma, e delle variazioni spontanee che poteva presentare nello stato normale prima di amministrargli una dose di ergotina. Noi eravamo soli nella stanza.

La linea 13 rappresenta il suo polso nello stato di profonda quiete. Sul fine della linea sento che qualcheduno mi cerca nella stanza vicina. Subito dopo nel principio della linea 14 entra l'inserviente ed annuncia il prof. Lombroso. In α faccio un segno quando il mio collega si avvicina alla tavola. Egli guarda il sig. Bosio, l'apparecchio e il tracciato su cui gli mostro l'effetto della sua presenza. Poco dopo egli ci saluta e parte.

La modificazione del polso nella linea 14 è troppo vistosa, perchè sia necessario di insistervi per farne rilevare l'importanza. La diminuzione di volume non può rendersi evidente perchè il cilindro dell' idrosfigmografo comunica colla boccia di compensazione: ciò nullameno si scorge che le pulsazioni oltre ad essere più frequenti sono anche più piccole. La contrazione dei vasi come ho già spiegato nel precedente capitolo si rileva con una disposizione diversa della elevazione S e della elevazione dicrotica; per modo che la curva di ogni pulsazione prende una forma più acuminata.

Esempi non meno interessanti di queste emozioni mi capitarono col prof. Giacomini nelle esperienze che abbiamo fatto sopra la Caterina X. Un giorno noi eravamo nell' Istituto anatomico intenti ad una osservazione sui movimenti del cervello. Tutto d'un tratto e senza alcuna causa esterna si aumenta l'altezza delle pulsazioni e il volume del cervello. Il fatto parendomi strano domando alla donna come si sentisse. Essa mi risponde. che sta bene. Vedendo che questa grande modificazione non cessava, io interrompo l' esperienza; esamino l' apparecchio se tutto è in ordine e quindi la prego di dirmi per filo e per segno a che cosa pensa da circa due minuti. Essa mi dice che mentre era distratta e guardava nell'armadio che le stava di fronte vide un cranio, e soggiunge che quella *testa di morto* le ha messo un poco di paura.

CAPITOLO V.

Il sonno nei suoi rapporti colla circolazione sanguigna del cervello.

§ 1.

Osservazioni fatte su Caterina X.

Fra tutti gli studî che ho fatto sulla circolazione del sangue, questo fu quello per cui era più vivamente eccitata la mia aspettazione. Essendo la fisiologia del sonno un argomento di cui mi occupo con amore da qualche anno, si comprenderà facilmente la ragione dell'interesse speciale ch'io avevo per simili esperienze.

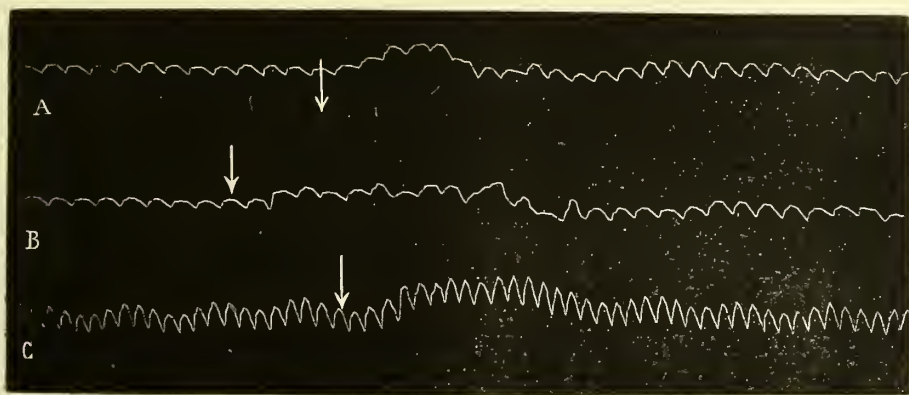
Dopo aver osservato alcuni anni prima, che passando dalla veglia al sonno succede una dilatazione ed un rilasciamento dei vasi nell'antibraccio e (1) che l'atto dello svegliarsi è sempre accompagnato da una contrazione dei vasi: dopo aver imaginato una teoria meccanica per cui il sangue nello svegliarsi veniva cacciato dalle estremità e dalla superficie del corpo verso i centri nervosi per destare la loro attività, mi si presentava finalmente l'occasione di mettere ad una prova diretta quest'ipotesi.

Esporrò senz'altre considerazioni preliminari le osservazioni che ho fatte sulle persone che avevano un'apertura nel cranio.

I primi tracciati li ottenni col prof. Giacomini sopra Caterina X nel febbraio del 1876; di questa ammalata posseggo poche osservazioni fatte nel sonno normale; essa dormiva difficilmente in nostra presenza ed il suo sonno fu sempre così leggero che le più leggiere impressioni esterne bastavano a svegliarla. La vasta apertura che essa aveva nel cranio e le difficoltà che si presentavano in queste prime esperienze avendoci impedito di dare ai nostri apparecchi tutta la sensibilità di cui ora saremmo capaci, il lettore non dovrà meravigliarsi se i tracciati sono meno caratteristici di quelli che osserveremo più tardi nel giovane Thron e particolarmente sopra Bertino. L'ammalata giaceva coricata sul letto col capo sollevato da un guanciale, con il cardiografo di Marey applicato sulla breccia del cranio in modo che il bottone toccasse in un punto la cicatrice.

(1) *Ricerche sul cloralio.* Prolusione al corso di farmacologia sperimentale. Torino 1875 pag. 27.

Dopo essermi assicurato che essa dormiva, fig. 24 linea A, la sveglio dove c'è il segno ↓. Essa apre gli occhi, parla e poco dopo pare nuovamente addormentata; circa 15 minuti più tardi mentre è profondamente tranquilla e sembrami dormire, la tocco (tracciato B dove è il segno ↓). Essa apre gli occhi e non si muove. Tanto in questi tracciati quanto in parecchie altre esperienze, che per brevità non riferisco, è visibile un piccolo aumento nel volume del cervello mentre essa si sveglia. Siccome però il sonno era sempre molto leggero, perchè l'ammalata dormiva difficilmente, e le esperienze non potevano farsi che nel pomeriggio, si pensò di ricorrere al cloralio. Alle 2,57 pomeridiane del 1 marzo 1876 essa beve un grammo e mezzo di cloralio sciolto nell'acqua con un po' di sciroppo; per addormentarsi impiegò più di mezz'ora. Verso le 4 la sveglio, linea C della fig. 24 dove c'è il segno ↓. Essa apre gli occhi senza parlare e non si addormenta più. Durante questa osservazione m'accorgo che il polso mentre l'ammalata russa profondamente, diviene più elevato e ritorna ad essere più piccolo quando cessa di russare.

Fig. 24.

Modificazioni osservate nel polso cerebrale di Caterina X nel momento in cui viene svegliata.

Nel pomeriggio del 10 marzo 1876 alle 2,40′ gli somministriamo 2 grammi di cloralio idrato; quindi si sospende fino alle 3,3′ la registrazione del polso cerebrale. L'ammalata dorme e russa profondamente. Il polso è molto elevato ed il volume del cervello presenta delle forti ondulazioni, come si vede nella tavola III. linea 15, 16.

La respirazione è diventata così rumorosa che l'ammalata si sveglia spontaneamente, od almeno dà segno che il sonno diviene più leggiero tutte le volte che il russamento cresce tanto da obbligarla a riprendere una respirazione più normale.

Il tracciato del cervello, tav. III. linea 15, dimostra che nel sonno oltre alle singole *pulsazioni* si distinguono facilmente le *oscillazioni* dovute alla respirazione e le *ondulazioni* prodotte da mutamenti nello stato dei vasi che si svolgono in modo più lento. Quando le pulsazioni divengono più alte notai in questo caso che l'ammalata incomincia a russare, e che le oscillazioni respiratorie si rendono anche molto più evidenti nel tracciato. In C il russamento diventa superficiale e la curva si abbassa leggermente: persistono le oscillazioni respiratorie. In D l'ammalata ricomincia a russare.

Nel principio della linea 16 tav. III., il russamento è fortissimo ed affatto

eccezionale l'altezza del polso. In E l'ammalata russa con tale intensità che pare svegliarsi spontaneamente per riprendere una respirazione più naturale. La curva delle pulsazioni si abbassa e queste diventano più piccole e rimangono tali per oltre un minuto, fino a che ricomincia un secondo periodo di russamento, in cui si ripetono i medesimi fenomeni. L'inspirazione essendo molto rumorosa potei segnare facilmente sulla curva delle oscillazioni cerebrali il momento in cui essa comincia. Dai tracciati di Caterina X, che ora tengo sott'occhio, risulta che l' inspirazione principia quando la curva dell'oscillazione respiratoria, rappresentata dalla linea che unisce il vertice delle singole pulsazioni, incominciò già ad abbassarsi. Cosicchè nel tracciato 16 il principio dell'inspirazione trovasi segnato sotto la pulsazione che sta fra la più bassa e la più alta nella parte discendente di ogni oscillazione.

Ritorneremo più tardi su quest'argomento dell'influenza che i movimenti respiratorî esercitano sul volume del cervello. Lascio sospeso il mio giudizio sulla causa del forte aumento nelle pulsazioni cerebrali finchè io abbia ultimato le mie indagini sull'influenza che l'accumularsi dell'acido carbonico e la respirazione di un'aria ricca di ossigeno o di acido carbonico esercitano sul cuore e sullo stato dei vasi durante il sonno. Dai tracciati riferiti si vede che in generale vi fu un aumento nel volume del cervello passando dal sonno alla veglia. Il solo risultato negativo, che ottenni in questa serie di esperienze, l'ebbi quando cercai di svegliare l'ammalata nell'istante in cui essa cessava di russare spontaneamente per riprendere una respirazione superficiale, più tranquilla. In questo caso non ottenni per due volte successive una modificazione notevole della circolazione cerebrale passando dal sonno alla veglia.

Questo fatto può spiegarsi pensando che il russamento mette delle condizioni che rendono impossibile la continuazione di un sonno profondo. Infatti quando l'ammalata cessa di russare, ha luogo una contrazione dei vasi. Il cervello diminuisce di volume ed il sonno diventa così leggiero che l'ammalata si sveglia.

È difficile per ora di stabilire quale sia la causa e quale l'effetto dei due fenomeni, ma in questo caso possiamo ritenere come molto probabile, che toccando l'ammalata ed aprendo essa gli occhi non siasi prodotto un aumento di volume, perchè il sonno era già divenuto troppo superficiale, per la precedente contrazione dei vasi in cui la linea delle pulsazioni si avvicina all'ascissa.

§ 2. *Osservazioni fatte su Thron nel sonno.*

Circa un anno dopo riprendeva queste indagini con speranza di un migliore successo sul giovane Thron. Fui però gravemente disilluso nella mia aspettazione quando la prima notte che mi accinsi ad una esperienza nelle sale del manicomio, vidi questo sventurato immerso in un sonno così profondo, che non mi riuscì di svegliarlo. Di tutti gli studî che feci sull'uomo le esperienze che mi costarono maggior fatica e più forti emozioni sono queste che intrapresi col dott. Albertotti. Trattandosi di un idiota tutti i più piccoli ostacoli prendevano l'aspetto di gravi difficoltà, perchè l'applicazione stessa degli apparecchi registratori non ci riusciva sempre possibile (1).

(1) Sono lieto di poter dare un attestato della mia gratitudine all'Amministrazione del r. Manicomio di Torino che cercò in ogni modo di favorire le presenti indagini, e particolarmente al dott. Perotti, al dott. Porporati ed al dott. Valetti che si interessarono vivamente per le medesime.

Se le nostre fatiche furono meno fortunate di quanto mi aspettassi ciò devesi attribuire all' idiotismo del nostro ammalato ed alla sua grande irrequietezza nella veglia, che ci impedì quasi sempre di ottenere nel principio della esperienza un tracciato normale che servisse come termine di confronto per le eventuali trasformazioni del polso nel sonno. I frequenti accessi di epilessia da cui egli fu travagliato negli ultimi periodi della sua vita contribuirono non poco a rendere infruttuosa la diligenza che ponemmo in questo studio. Il giovane Thron non dormiva regolarmente, per cui spesso nelle visite notturne lo trovammo svegliato ad ora tardissima. Egli soffriva d'insonnia ed in questi periodi riuscivano del tutto inutili le precauzioni che prendemmo per conciliargli il riposo. Più che una veglia era una agitazione notturna spesso foriera di un insulto epilettico. La stessa dose di 2 grammi di cloralio idrato aumentò in queste condizioni la sua eccitabilità e non lo fece dormire. Spesso lo vedemmo in preda ad accessi epilettici, i più strazianti, e nelle notti che tenevano dietro a questi insulti frequenti il sonno diveniva così profondo ed imponente, da lasciare dubbio, se si trattasse ancora di un fenomeno normale, o non piuttosto di un sonno morboso; perchè agitando l'ammalato, scuotendolo, levandolo in piedi sul letto, chiamandolo forte per nome, spruzzandogli dell'acqua sul volto, non

Fig. 25.

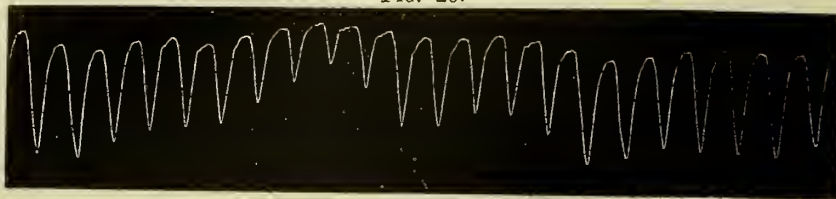
Thron — *Polso del cervello dopo un accesso epilettico.*

si riusciva a destarlo durevolmente; ed aperti per un istante gli occhi egli ripiombava immediatamente nel sopore di prima. La figura 25 rappresenta il polso cerebrale del giovane Thron scritto immediatamente dopo un accesso epilettico e mentre l'ammalato trovavasi in uno stato di profondo abbattimento. Da questo tracciato risulta evidente l'influenza che i movimenti respiratorî esercitano sulla circolazione del sangue nel cervello, anche quando non sono molto profondi. I tracciati 17 e 18 della tavola III. furono presi sul medesimo ragazzo durante il sonno. Guardando queste linee per scorcio dall'uno dei lati si vede che anche qui è accennata l'influenza del respiro; nel tracciato 18 trovasi verso la metà una trasformazione del polso cerebrale che non so a cosa attribuire.

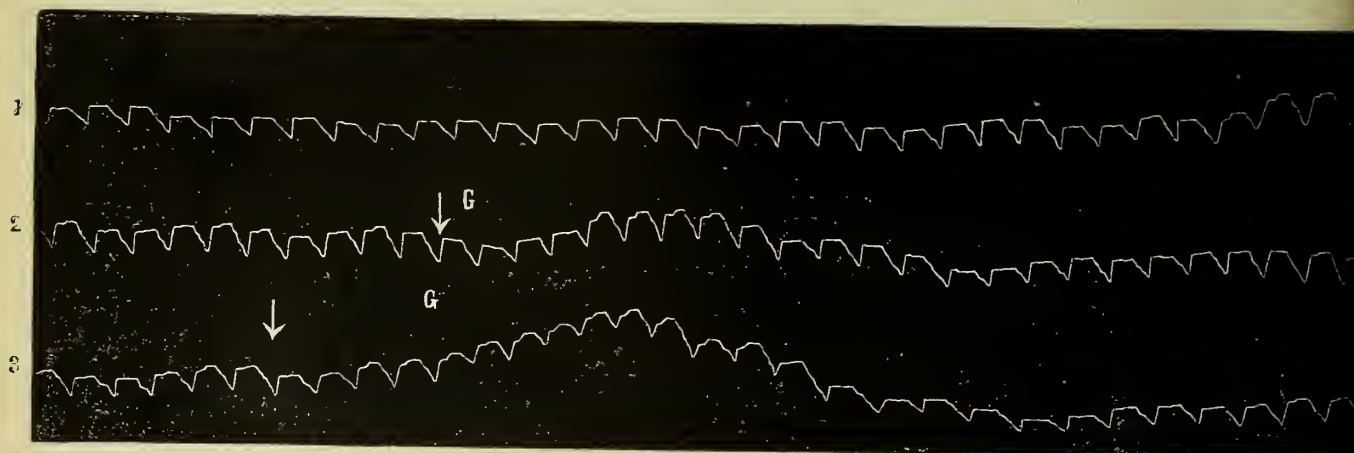
Thron ebbe il 23 aprile 1877 un forte insulto epilettico. Nel mattino del giorno successivo alle 9, quando lo visitai, era addormentato. Durante l'applicazione della lamina di guttaperca sul capo, egli si sveglia, ma non cerca di levarsi l'apparecchio dal capo come faceva il più delle volte; rimane alcuni minuti tranquillo mentre noi otteniamo alcuni tracciati, e quindi volta il capo per guardarci. Si sposta l'apparecchio e noi gli teniamo con forza la testa sul guanciale in una posizione più conveniente finchè egli chiude gli occhi e pare riaddormentato.

Nell'istante B lo chiamo per nome; egli non si muove e non reagisce in alcun modo; intanto il cervello aumenta sensibilmente di volume e diventano più grandi

le sue pulsazioni. Durante il sonno e mentre la respirazione era regolare e poco profonda si presentarono ancora qui, come abbiamo già osservato in Caterina X, delle forti ondulazioni nel tracciato del cervello, per cui le pulsazioni poterono raggiungere un'altezza doppia di prima. Nel sonno prodotto dal cloralio ottenemmo delle pulsazioni cerebrali fortissime con grandi oscillazioni, come lo si può vedere nella fig. 26 ([1]).

Fig. 26.

Thron. — *Polso del cervello durante il sonno prodotto dal Cloralio.*

Thron ebbe nel mattino verso le 8 un forte accesso epilettico: egli era dopo così abbattuto che stette tutto il giorno a letto senza essere obbligato di legarlo, come solevasi fare per tenerlo in riposo. La sera verso le 10 lo troviamo profondamente addormentato. La pelle sulla breccia non è molto distesa e pulsa fortemente. Gli applichiamo la forma di guttaperca sul capo dopo averla scaldata leggermente sui bordi. Il polso scritto nella prima linea della figura 27 può considerarsi come il

Fig. 27.

Thron. — *Polso del cervello nel sonno.* — *In* G *e* G' *lo si chiama per nome senza che si svegli.*

tipo normale di una lunga serie di osservazioni preliminari che durano circa 40 minuti senza interruzioni: aspettiamo circa un'ora e poscia verso le undici in G lo si chiama forte per nome *Giovanni*. Dal tracciato risulta, come nelle precedenti osservazioni, che vi fu una percezione cosciente, o non, per cui successe un aumento di volume ed un'altezza maggiore delle pulsazioni del cervello.

Nel minuto successivo un'altra voce ripetè in G' il medesimo suono e chiamandolo

([1]) Nella Memoria intitolata: *Osservazioni sui movimenti del cervello di un idiota epilettico*. R. Accademia di Medicina di Torino, gennaio 1878, che pubblicai insieme al dottor Albertotti, sono rappresentati più estesamente i tracciati del cervello scritti su Thron in questa circostanza.

ancora parecchie volte di seguito per nome, otteniamo ad ogni minuto un risultato identico. L'aumento di volume è dunque un fenomeno costante, il quale succede senza che si alteri il ritmo delle sistoli cardiache e che devesi, secondo ogni probabilità, alle contrazioni dei vasi dell'estremità, ed in altre parti del corpo come vedremo meglio in seguito.

§ 3. *Osservazioni fatte su Caudana nel sonno.*

Le precedenti esperienze, sebbene per molti riguardi incomplete, bastarono per scemare le speranze con cui avevo accettato e difeso in un primo lavoro la teoria meccanica del sonno. Io mi era convinto, che nella veglia, l'afflusso maggiore di sangue al cervello, prodotto dalla contrazione dei vasi alla periferia del corpo, era solo un fenomeno concomitante e non una condizione primitiva ed essenziale dell'attività psichica. Oramai era persuaso che la circolazione più debole negli emisferi cerebrali non era l'unica causa del sonno e che oltre alle modificazioni del movimento sanguigno dovevano esisterne delle altre più importanti nello stato di eccitabilità e di nutrizione dei centri nervosi. Eppure malgrado queste disillusioni (se così è lecito di esprimermi in un genere di studî dove i fatti qualunque sieno hanno un'importanza molto più grande delle teorie escogitate senza il sussidio dell'esperienza diretta), il problema delle modificazioni che subisce la circolazione del sangue nel cervello mi appariva sempre più interessante e degno di studio.

Le osservazioni precedenti avevano bastato per convincermi che la fisiologia del sonno poteva gettare una viva luce sulla natura di alcuni processi psicologici, ed in particolar modo sulle condizioni fisiche della coscienza.

È sotto questo punto di vista che io ho fatto una serie di esperienze sulle variazioni del polso nell'antibraccio durante il sonno, che possono servire come di introduzione ai risultati più completi che ottenni sopra il cervello di Bertino.

I tracciati della tavola IV. sono presi dall'antibraccio del sig. Caudana mentre giaceva coricato sopra un materasso ed io aspettava da oltre un'ora che si addormentasse. Il suo polso è regolarissimo e tricuspidale, come vedesi nella prima linea in basso. Non riferisco per brevità le 11 linee che precedono nel foglio che ho sott'occhio, perchè esse sono tutte eguali e non successe alcuna modificazione nel decorso di 11 minuti. Il metodo che adoperai in queste ricerche essendo quello della registrazione continua del polso, che prolungai spesso per ben due o tre ore di seguito, ometto circa 10 minuti di tracciato per giungere alla seconda linea della tavola IV. dove ritengo come molto probabile che Caudana dormisse. Egli era infatti profondamente immobile e la sua respirazione aveva preso il tipo caratteristico del sonno in cui l'espirazione diventa più rapida ed alquanto rumorosa. Anche la forma del polso è cambiata; e la disposizione tricuspidale delle tre punte sull'apice è meno simmetrica e regolare.

In A muove la mano destra e si gratta il petto. Le irregolarità che osservansi in questo istante nel tracciato sono dovute al tentativo che egli fece di muovere la mano sinistra nell'idrosfigmografo. Il polso è dopo profondamente modificato. Le tre elevazioni invece di formare una punta tricuspidale, si dispongono successivamente nella parte catacrotica della curva. Le pulsazioni sono meno elevate e più acute.

Ometto il tracciato scritto nel giro successivo del cilindro che corrisponde ad 1 minuto. In questo frattempo il polso riprende la sua forma primitiva. Caudana non si era mosso altrimenti. La terza linea corrisponde a questo nuovo periodo di sonno leggiero.

Sul finire della linea, mentre sto per trasportare la penna del timpano registratore e scrivere la linea successiva, sentesi il rumore del portone che viene chiuso sotto il portico nel piano inferiore. Caudana non si muove e non dà segno di aver sentito questo rumore, però le pulsazioni nel suo antibraccio subiscono una modificazione profonda del tutto analoga alla precedente. Nel tracciato 14, quale venne riferito nella tavola IV. mancano le prime 8 pulsazioni perchè il cilindro che adoperavo in tali osservazioni aveva una circonferenza più lunga del formato di queste figure. La trasformazione profonda che succede nella forma del polso indica una contrazione dei vasi. Io temo che si svegli e lo osservo attentamente colla più grande circospezione. La respirazione è cambiata.

In C muove un piede fregandolo contro la gamba dell'altro lato. In D linea 6, parla e mi dice che è svegliato. Immediatamente dopo il polso dell' antibraccio diventa più piccolo e più frequente, come si vede nella linea 7. Nella linea 5 riprende la forma normale e caratteristica della quiete. In E mi prega di coprirgli il volto con un asciugamani onde possa addormentarsi più facilmente.

Trascorrono 10 minuti e poi si ripetono a breve distanza alcuni sussulti muscolari come quelli che tutti proviamo nel sonno e che sono spesso capaci di svegliarci. Continuo a scrivere il polso. I tracciati che vengono dopo la linea 8 sono presi da un foglio scritto mezz'ora dopo che Caudana aveva parlato. Il sonno è divenuto più profondo e la modificazione del polso tanto cospicua da non essere necessario di rilevarla con parole. In F G H egli ebbe altri sussulti muscolari. La forma del polso come vedesi in G H si modifica dopo questi movimenti e prende la forma che corrisponde ad una contrazione dei vasi sanguigni. Il medesimo fenomeno è assai più evidente dopo il segno K nella linea 15 in cui carico la macchinetta che mette in movimento il cilindro. Il rumore prodotto dallo scatto del nottolino che trattiene la ruota della molla dura circa 20 secondi. Durante tale periodo di tempo il profilo delle pulsazioni accenna ad una profonda contrazione dei vasi.

Caudana non dà segno di svegliarsi. La variazione del polso che osservasi nel principio della linea 14 ed in corrispondenza del segno K nella linea 16 non so a che cosa si debba attribuire. Immediatamente dopo il polso diventa nuovamente regolare come osservasi nella linea 17 e continua così per oltre 5 minuti.

Questa continua irregolarità che osservasi nello stato dei vasi sopra Caudana è un fatto che contrasta singolarmente collo stato del polso nella veglia quale potei constatare in molte osservazioni fatte sulla medesima persona. Sebbene io non possa dare una simile instabilità del polso come il fatto generale, perchè anche nel sonno profondo ho trovato il polso bracchiale regolarissimo, ho preferito di riferire questo tracciato per le considerazioni che svolgerò più tardi.

§ 4. *Osservazioni fatte su Bertino nel sonno.*

Ora ecco nel loro ordine cronologico alcune osservazioni ch' io feci sopra Bertino per studiare la circolazione del sangue nel cervello durante il sonno. La sera del 24 settembre 1877, egli si corica alle 8 $^{1}/_{4}$ sopra un sofà colla testa elevata ed il corpo ricoperto da una coltre. Io gli aveva messo prima la lamina di guttaperca sul capo e spiegatogli ripetutamente lo scopo delle nostre indagini, pregandolo di restare tranquillo e di addormentarsi quanto più presto era possibile. Le sue risposte mi convinsero che egli non era punto persuaso dell'utilità di queste osservazioni e temevo che non si sarebbe facilmente addormentato.

Dopo circa un'ora scrivo il tracciato 1, tav. V. Sono convinto che egli non dorme. Le pulsazioni sono molto forti e di forma tricuspidale. Rimane immobile senza addormentarsi un'altra ora. Il polso diventa alquanto più piccolo, come si vede nel tracciato 2, tav. V. Pochi minuti dopo fa una profonda inspirazione e quindi muove le mani, come per stirarsi nello sbadigliare; intanto apre gli occhi e mi dimanda se è lungo tempo che dorme. Siccome dubitavo della verità di questa sua interrogazione, perchè ascoltando attentamente il respiro, non mi ero persuaso che dormisse: gli rispondo che non basta; e lo prego a riaddormentarsi, dicendogli che non lo lascio in libertà finchè non abbia dormito un sonno profondo.

Trascorre un'altra ora in cui registro ad intervalli il polso; Bertino rimane completamente immobile. Il volume del cervello presenta delle notevoli ondulazioni, come si vede nelle linee 3 e 4 che scrissi alle ore 11. 30'. Le pulsazioni sono meno elevate di prima. Lascio passare un altro quarto d' ora e poi alle ore 11 $^{3}/_{4}$ scrivo le due linee 5, 6, dove si scorge che i vasi del cervello presentano pur sempre una certa irrequietezza, quantunque il respiro sia uniforme e superficiale. Terminate queste linee chiamo Bertino per nome: egli muove subito il capo e parla per dirmi che dormiva. Questi movimenti deformano il tracciato per modo che io non posso riferire questo punto dell'esperienza. Le linee 4 ed 8 rappresentano il tracciato delle pulsazioni cerebrali preso quattro minuti dopo che Bertino era completamente sveglio.

In α Bertino parla e mi dice che teme di non potersi addormentare. Qui ancora come nelle osservazioni precedenti si nota per questo fatto un aumento nel volume del cervello ed una distenzione maggiore dei suoi vasi ad ogni sistole del cuore. A mezzanotte quando Bertino ci disse che probabilmente in tutta la notte non avrebbe mai dormito di un sonno profondo per l' apprensione in cui si trovava, sospendiamo l'osservazione.

Ritenendocome dubbia quest'esperienza per ciò che si riferisce al sonno, che certo deve essere stato moto leggiero, noi vediamo però quanto siano grandi le modificazioni che subisce il polso nel passaggio dalla veglia allo stato di una profonda quiete e come la circola zionedel cervello diventi nuovamente irregolare e sieno più grandi le pulsazioni di quest'organo appena si ristabilisce pienamente l' attività cerebrale.

Queste successive trasformazioni del polso passando dalla veglia alla tranquillità profonda ed al sonno comparvero pure in tutte le altre serie delle nostre osservazioni notturne.

Ecco infatti come era il polso di Bertino nella sera seguente alle ore 8, mentre

si trovava nella stessa posizione. I due tracciati 9 e 10 tav. V. sono scritti un quarto d'ora dopo che egli si era coricato sul sofà mentre rimaneva profondamente tranquillo cogli occhi chiusi.

La curva generale presenta delle forti ondulazioni, la forma del polso è tricuspidale. L'irregolarità che si vede nella pulsazione *b* della linea 10 è dovuta all'uscita di una bolla d'aria dalle valvole di Müller.

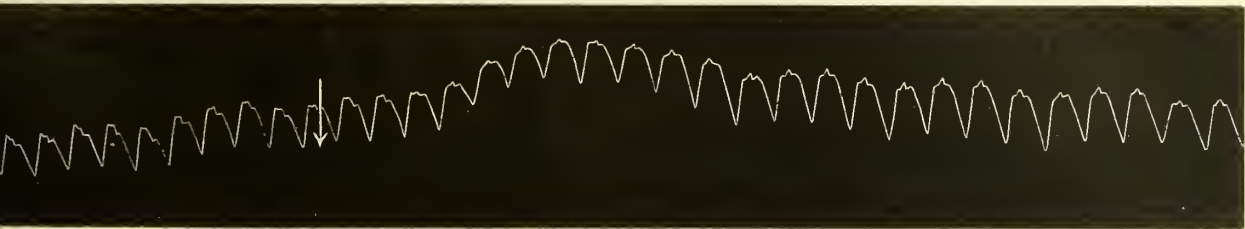
Dopo un' altra mezz'ora alle 8 $^3/_4$ il polso ha già cangiato di forma: è meno elevato e più uniforme. Non do alcun esempio dei tracciati che hanno un decorso molto regolare e riferisco solo due linee scritte successivamente in cui si presentano delle forti ondulazioni. Nel principio della linea 11 entra il dott. De-Paoli nella stanza. Appena sento aprire la porta metto subito in movimento il cilindro e scrivo la forte elevazione che si scorge nel mezzo di questa linea. Le ondulazioni della linea 12 non so a che cosa siano dovute. Bertino quando si svegliò disse di non essersi accorto che fosse entrato qualcheduno nella stanza.

§ 5.

Il polso del cervello a misura che il sonno diventa più profondo continua a decrescere in altezza, tav. VI. Le grandi oscillazioni scompaiono: il polso è regolare, uniforme. Bertino rimane profondamente tranquillo. Tralascio le osservazioni fatte durante 14 minuti. Alle ore 9,20′ scrivo la linea 13, tavola VI. Di quando in quando fa delle profonde inspirazioni, dopo cui succede una leggiera diminuzione nel volume del cervello: le sistoli del cuore si rallentano alquanto e le pulsazioni assumono decisamente una forma tricuspidale come si vede in *m* linea 17.

Il polso è sempre molto più piccolo di quanto non fosse nella veglia. Nei tracciati che riprodussi successivamente alle ore 9,30′ l'altezza delle pulsazioni, senza ch'io ne sappia il perchè, è già divenuta circa un millimetro maggiore di quanto non fosse alcuni minuti prima. Da oltre un quarto d' ora il volume del cervello si conserva costante, eccettuate le pulsazioni e i cambiamenti di volume dovuti a qualche inspirazione più profonda. Il tracciato del polso cerebrale decorre orizzontalmente senza ondulazioni pronunciate. Dopo la linea 17 avevo arrestato il cilindro. Durante questo frattempo l'orologio dell'ospedale batte le 10. Non saprei dire per quanto questo suono possa considerarsi come causa delle trasformazioni che osserviamo nelle linee successive del polso cerebrale. Nel tracciato che tengo sott' occhio trovo un punto di interrogazione nel principio della linea 19. Io feci questo segno perchè non sapevo spiegarmi l' aumento successivo nell' altezza delle pulsazioni che accennava ad un prossimo risveglio. Infatti nella linea successiva 20 Bertino si gratta e muove il capo e le gambe. Non apre gli occhi. Continuo a scrivere il polso. Un minuto dopo gli domando sottovoce in F se dorme, linea 21 E, egli non si muove e non risponde, ma il cervello mostra un aumento di volume. Lascio trascorrere due minuti, e quindi per assicurarmi se è svegliato in G linea 23, gli tocco leggermente la faccia con la penna. Bertino non si muove, ma il cervello aumenta immediatamente di volume e si modifica la forma del suo polso. Nella linea successiva volta la testa sul capezzale, le pulsazioni aumentano di altezza e poi diventano nuovamente più piccole. La respirazione è come di chi dorme. Alle 10 $^1/_2$ nel principio della linea 24 in H dico

Bertino è finito. Non si muove. Nella linea successiva e nel medesimo punto, mentre carico la macchinetta di Breguet, che fa muovere il cilindro, si sveglia e alza ripetutamente la testa e le braccia deformando il tracciato. La penna, siccome eravamo all'ultima linea, esce fuori del cilindro. Devo aprire il clarinetto. Quando dopo parecchi secondi posso nuovamente scrivere le pulsazioni del cervello, trovo che esse hanno riacquistato l'altezza e la forma che avevano nella veglia al principio dell'esperienza. L'osservo subito negli occhi e mi accorgo dall'iniezione della congiuntiva che egli ha realmente dormito.

Fig. 28.

Modificazione prodottasi nella circolazione del cervello di Bertino mentre lo si chiamò sottovoce per nome senza che egli si svegliasse.

La sera del 27 settembre facciamo una nuova serie di osservazioni sopra Bertino durante il sonno; alle ore 8 egli si corica sopra il sofà e dopo circa un' ora dorme di un sonno leggero. Il suo polso si differenzia da quello delle sere precedenti per essere distintamente catacrotico. Per ragioni di brevità riproduco soltanto alcune linee dei tracciati presi in questa seduta. Le impressioni del mondo esterno producono anche qui delle profonde modificazioni nella circolazione del cervello e nella forma del polso. Alle ore 9.2 vedendo che la respirazione di Bertino era molto superficiale, dopo aver scritto le 8 prime pulsazioni della fig. 28, per assicurarmi se dormiva mi alzo in piedi e dove è il segno ↓ lo chiamo sottovoce per nome; Bertino non si muove e non risponde. Esaminando il tracciato troviamo che già prima del segno ↓ vi sono delle pulsazioni alquanto più alte delle precedenti. Questo devesi probabilmente al leggero rumore che feci alzandomi per avvicinarmi all'orecchio di Bertino.

Quando lo chiamo per nome succedono ancora tre pulsazioni colla forma normale e quindi il cervello cresce in volume, ed il suo polso diventa anacrotico, e si conserva tale per oltre un minuto. Basta paragonare il principio ed il fine di questo tracciato fig. 28 per conoscere quanto siano grandi le trasformazioni del polso che succedono nel sonno, senza che rimanga alcuna traccia nella memoria di chi dorme, delle cause che hanno prodotto simili mutamenti nella circolazione sanguigna del cervello. Le pulsazioni da catacrotiche che erano prima, sono diventate anacrotiche. L' afflusso del sangue al cervello è divenuto maggiore ed il volume conservasi per circa 30 secondi più grande come può scorgersi nel tracciato 28 misurando la base delle pulsazioni dall'ascissa. Le singole pulsazioni sono anche più elevate di quanto fossero prima.

Continuo a scrivere il polso del cervello per un altro quarto d'ora. Durante questo periodo il volume del cervello presenta ad intervalli delle ondulazioni indipendenti dai moti respiratorî. Non potendo attribuirle ad alcuna causa che provenisse dall'ambiente

esterno, trovo che esse nei tracciati vennero segnate con un punto interrogativo, per accennare che esse dipendevano probabilmente da cause interne, o da sogni; infine da cause che mi erano ignote. La linea 26 della tavola VI. dà un esempio di queste ondulazioni spontanee del tracciato cerebrale. Subito dopo e senza arrestare il cilindro scrivo la linea 27. Dove c'è il segno ↓ gli dico piano e vicino all'orecchio: *Bertino dormite?* Succede un leggero aumento di volume del cervello. Bertino non si muove e non dà segno di svegliarsi. La respirazione è profonda, l'espirazione leggermente rumorosa e rapida come se egli dormisse. Il polso diventa tricuspidale.

Nel minuto successivo ripeto la stessa domanda nel punto ↓ senza che Bertino si svegli. Le modificazioni nella circolazione del cervello sono identiche alle precedenti.

Dopo un minuto fa due inspirazioni più forti: il cervello diminuisce tanto che devo aprire la *clarinette* per ricondurre a zero la pressione nel timpano registratore. Succede una deformazione del tracciato. Non riferisco la linea scritta in questo minuto. Bertino riprende per circa 20 secondi la respirazione con tipo normale e superficiale e quindi fa una nuova inspirazione profonda. Il tracciato del polso diventa più catacrotico e minore in altezza.

Poco dopo osservo un leggero e rapido aumento del volume cerebrale: Bertino si sveglia ed apre gli occhi. Trascorrono 20 secondi in cui il tracciato del polso è irregolare per i movimenti del capo e quindi gli domando se non può dormire; egli mi risponde che sognava, e mi racconta una storia confusa dove il fatto più interessante era questo che il parroco del suo paese lo chiamava per nome. Bertino aveva dunque sentito la mia voce e questa percezione aveva destato un sogno. Oppure la mia chiamata era comparsa improvvisamente nel sogno, che già svolgevasi prima, come se fosse la voce del parroco.

Il polso scema poco dopo in altezza senza che io ne sappia la causa. Per assicurarmi se Bertino è completamente sveglio gli domando nel segno ↓ quante uova ci vogliono per fare 9 dozzine. L'afflusso maggiore di sangue al cervello è assai caratteristico e corrisponde agli esempi esposti nel precedente capitolo. In ω egli mi risponde 108. Poco dopo compare una forte elevazione del polso e del volume che attribuisco in parte allo sforzo cerebrale di questo lavoro mentale inaspettato.

Un'altra moltiplicazione che fece in seguito produsse ancora un afflusso più copioso di sangue al cervello, ma non venne seguita da una trasformazione posteriore. Alle 10, mentre scrivo un ultimo tracciato, egli fa spontaneamente una inspirazione profonda cui segue un abbassamento molto notevole del volume cerebrale.

§ 6. *Sonno prodotto dall'idrato di cloralio.*

Il 29 settembre alle ore 8, 20 pomeridiane faccio un' altra serie di osservazioni intorno al sonno che fu l'ultima perchè pochi giorni dopo Bertino abbandonava improvvisamente l' ospedale per restituirsi alla famiglia. Applicatagli la laminetta di guttaperca sulla fronte e coricatosi sul sofà, scrivo il polso del cervello come nelle precedenti osservazioni. Per ragioni di economia non essendomi possibile di riprodurre tutta la serie dei mutamenti che subì il polso nei quattro grandi fogli di tracciato raccolti in questa seduta, che durò circa tre ore, tralascio le osservazioni fatte nella

prima ora ed accennerò solo verbalmente le cose più importanti che risultano dall' ispezione dei tracciati che non riproduco.

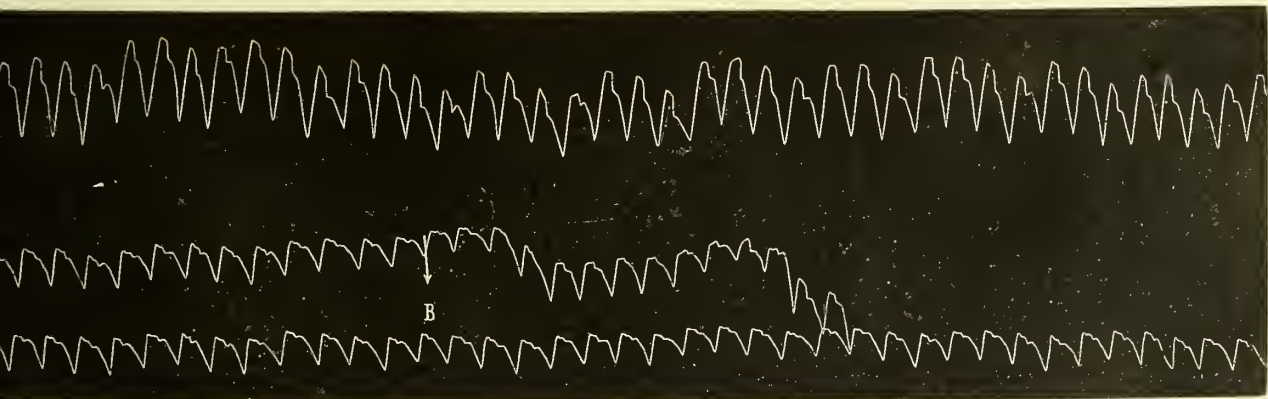
Il polso cerebrale era dapprima piuttosto piccolo e catacrotico. Dopo 10 minuti di osservazione volgendomi al dott. De Paoli, dico che sarà meglio di amministrare subito un calmante a Bertino perchè dorma più tranquillo. Bertino quantunque fosse già avvertito che doveva prendere il cloralio prova una certa emozione; perchè dopo queste parole aumenta il volume del cervello e diventano più grandi le pulsazioni.

Nella linea successiva beve due grammi di cloralio sciolto nell' acqua con siroppo. Immediatamente il polso diventa più piccolo.

È questo un fatto costante che qui constatiamo pel polso del cervello e che si riproduce anche nel polso dell' antibraccio, quando viene amministrato un rimedio qualsiasi. La contrazione che succede nei vasi è tanto più grande quanto è più spiacevole il sapore della bevanda amministrata.

In questo caso noi ci accorgemmo che l'ammalato bevette assai di mala voglia il rimedio quantunque non facesse parola.

Dopo 30 minuti non è ancora addormentato. Alle 9 giudicando dai movimenti respiratorî, mi pare che dorma; il volume del cervello presenta delle ondulazioni. Alcune riesco ad osservare che tengono dietro a qualche movimento inspiratorio più forte, altre non so da che cosa dipendono e perciò le chiamo spontanee. In parecchi punti, per conoscere come precede nel sonno la capacità di reagire alle impressioni esterne, faccio un leggero rumore battendo colla nocca del dito indice sulla tavola; e sempre in simili circostanze succede un aumento nel volume del cervello e si cambia leggermente la forma delle pulsazioni, come vedemmo già negli esempi precedenti. Bertino anche quando lo chiamo sottovoce non si muove. Egli dorme. Nella figura 29

Fig. 29.

Linea 1. *Polso del cervello di Bertino nel sonno prodotto dal Cloralio.* — 2. *In* B *lo chiamo per nome.* — 3. *Polso del cervello dopo che Bertino si è svegliato.*

la linea 1 rappresenta il polso del cervello di Bertino nel sonno: nella linea 2 in B lo chiamo forte per nome; Bertino si sveglia, muove le mani ed il corpo. In questo caso stando al tracciato manca un aumento nel volume del cervello passando dal sonno alla veglia; e si produce anzi una diminuzione della quantità di sangue contenuto nel cranio. Un inconveniente, cui non si poteva mettere riparo in queste

esperienze, sono i movimenti involontarî del corpo, del tronco e delle estremità che succedono spesso nel momento in cui ci svegliamo. Per questa ragione riesce difficile di interpretare giustamente l'abbassamento che succede nel tracciato del cervello in un istante in cui agiscono cause affatto contrarie. Comunque sia dobbiamo accettare il fatto che in questo caso vi fu nello svegliarsi una diminuzione della quantità del sangue contenuto negli emisferi cerebrali. Ritornerò fra poco su questo argomento con altro esempio analogo: per ora noto solo che dopo 15 secondi il cervello diventò più grande di prima e che le sue pulsazioni sono nella veglia due volte più grandi che nel sonno, come si vede nel tracciato 3 della figura 29.

Finita quest' osservazione mi alzo, fisso la curva, ed affumico due nuovi cilindri cercando di fare il meno rumore possibile. Frattanto Bertino si riaddormenta. Scrivo senza interruzione il polso del cervello per circa mezz'ora. Il tracciato si svolge molto regolare, di quando in quando compaiono delle ondulazioni che paiono doversi a un rallentamento dei battiti cardiachi come si vede nella seconda metà della linea 32, tavola VII. La linea che unisce la base delle pulsazioni si abbassa verso l'ascissa, e l'insieme del tracciato subisce una depressione. È probabile che tale diminuzione del volume dipenda da un movimento della respirazione più forte degli altri che mi passò inosservato. Infatti nella linea 36 che venne scritta circa un quarto d'ora più tardi io mi accorgo che Bertino eseguisce nel sonno una inspirazione più grande delle altre: faccio subito il segno I sulla curva del polso, e poco dopo succede una diminuzione nel volume del cervello ed un rallentamento nelle sistole del cuore.

L'aspetto di questa ondulazione è analoga alle precedenti. Malgrado questa profonda rassomiglianza ripeto che mi mancano dati positivi per attribuire alla medesima causa le ondulazioni, che corrispondono a un rallentamento del polso nelle linee 32 e 33, tavola VII.

Questa prudenza nel pronunciarmi credo che sia tanto più necessaria in quanto che più volte mi parve che simili variazioni nella frequenza del polso e nel volume del cervello si producessero in momenti in cui potei constatare che i movimenti del respiro erano regolari. Mi capitò spesso di vedere svolgersi delle modificazioni analoghe nei tracciati del cervello per cause provenienti dall' esterno. Nella linea 34 tossisco molto leggermente nel punto indicato con ↓. L' aumento del volume del cervello è appena visibile. Non arresto il cilindro, e nel minuto successivo in T tocco leggermente colla penna l'orecchio di Bertino. Si produce un leggero aumento nel volume del cervello e nel numero dei battiti cardiaci, cui succede una diminuzione del volume e della frequenza dei battiti medesimi sebbene io osservando attentamente il respiro non mi sia accorto che esso siasi modificato. Dopo questa osservazione ed altre analoghe, che non riferisco per brevità, ritengo come probabile, che fra le ondulazioni del cervello alcune dipendano da una variazione nell' energia e nella frequenza delle sistoli cardiache indipendentemente dalla respirazione.

Bertino non si sveglia. Scrivo subito dopo la linea normale 37 in cui non osservasi alcuna ondulazione. Nella linea successiva, che è l' ultima, faccio il segno S sul cilindro: quando la penna vi è sopra chiamo Bertino per nome ed egli si sveglia immediatamente. Siccome non gridai forte ed egli aprì subito gli occhi, devo credere che non fosse profondamente addormentato. La curva si è abbassata, ciò vuol dire

che il cervello diminuì di volume nello svegliarsi. Anche qui successe un movimento del corpo e del capo. Perchè la linea non scendesse sul tracciato precedente, apro il clarinetto e riconduco a zero la pressione nel timpano registratore. Mi accorgo appena fatta questa correzione che il cervello aumenta rapidamente di volume e devo aprire nuovamente il clarinetto. Queste mannalità, che dovetti ripetere mio malgrado in tutte le esperienze fatte nel momento in cui Bertino si svegliava, mi rendono impossibile di poter ora definire con esattezza il momento in cui il cervello cessata la prima contrazione dei vasi ritornava al volume di prima e di quanto lo superasse.

Da queste osservazioni risulta però in modo certo che il cervello nel primo istante in cui ci svegliamo può subire una diminuzione di volume e contenere effettivamente meno sangue che nel sonno, e questo basta per rendere insostenibile l'ipotesi che attribuiva il sonno ad uno stato di anemia nel cervello.

CAPITOLO VI.

Considerazioni intorno alla natura del sonno e dei fenomeni che l' accompagnano.

§ 1.

Nel precedente capitolo abbiamo constatato che passando dalla veglia alla quiete profonda e da questa al sonno si modifica successivamente la circolazione del sangue nel cervello. Volgiamo ora uno sguardo sintetico ai fatti osservati e cerchiamo se è possibile di coordinarli fra loro. Nel sonno succede una dilatazione dei vasi nelle estremità che potemmo studiare nell'uomo misurando le variazioni di volume dell'antibraccio col pletismografo. Le ricerche fatte successivamente sulla forma del polso coll' idrosfigmografo, hanno confermato un corrispondente rilassamento delle pareti vasali. Ogni eccitazione proveniente dall' esterno genera una contrazione dei vasi nell'antibraccio ed un aumento successivo della pressione sanguigna che produce un afflusso maggiore di sangue al cervello. Se anche i vasi del cervello si contraggono, come succede nello svegliarsi improvviso, l'aumento generale della pressione produce egualmente una velocità maggiore del sangue negli emisferi cerebrali.

Il cuore nel passaggio dalla veglia al sonno rallenta alquanto la frequenza delle sistoli. Tale variazione è però il fenomeno meno apparente di quanti possano vedersi a colpo d'occhio nei tracciati. Contando per mezzo minuto le pulsazioni quali furono riprodotte nei tracciati, trovasi in media una diminuzione di 3 o 4 pulsazioni nel sonno: ma se prendesi come unità di misura un tempo più breve, il risultato può essere incerto, perchè nel sonno il cuore presenta delle variazioni notevoli nel ritmo dei suoi movimenti, come abbiamo constatato ripetutamente nelle osservazioni sopra riferite.

Gli stessi cambiamenti che si producono nel nostro organismo per l'attività cerebrale durante la veglia, si riproducono nel sonno per azioni esterne le quali non riescono a svegliarci.

Noi abbiamo veduto che una voce, un rumore, un toccamento, l' azione della

luce, od un'impressione esterna qualsiasi sono capaci di modificare il ritmo della respirazione, di far contrarre i vasi dell'antibraccio, di aumentare la pressione, e l'afflusso del sangue al cervello, e di mutare la frequenza dei battiti cardiaci accelerandone il ritmo. Se nell'istante in cui abbiamo constatato questi mutamenti nelle funzioni dell'organismo aggiungiamo una seconda azione esterna, tale da svegliare l'individuo soggetto alle nostre osservazioni, e lo interroghiamo subito intorno allo stato della sua coscienza, egli ci risponde, nel maggior numero dei casi, che dormiva profondamente: e non serba alcuna memoria dei fenomeni che passarono intorno a lui. Altre volte le impressioni esterne vengono percepite e destano dei sogni, od entrano a far parte di sogni già prima esistenti. Tanto in un caso quanto nell'altro manca una cognizione esatta dell'agente esterno; e queste impressioni cadute nel dominio dei sogni vengono tosto così snaturate, che anche svegliandosi immediatamente non ci è più possibile di afferrarne l'origine e l'entità.

Fin qui abbiamo preso in esame solo due specie di mutamenti che succedono nella circolazione sanguigna per fatti incoscienti; quelli cioè che dipendono da eccitamenti esterni e quelli che seguono i movimenti più forti della respirazione. Ora già nelle prime esperienze che eseguii nel 1874, e successivamente per studiare col pletismografo la circolazione del sangue nel sonno, mi accorsi che esistono nel braccio dei movimenti nei vasi sanguigni, cui diedi il nome di *spontanei*, che non dipendono da inspirazioni esagerate e che si producono anche mentre non ci accorgiamo di una azione esterna qualsiasi.

Coll'idrosfigmografo ho potuto studiare successivamente come si modifica la forma del polso durante i cambiamenti di volume delle estremità che osservai prima col pletismografo nel sonno: ma anche dopo questa indagine e malgrado ogni diligenza, rimaneva pur sempre questa categoria dei movimenti spontanei dei vasi che io non sapevo a cosa attribuire. Escluse le cause esterne e la respirazione, si doveva cercare nell'interno l'origine di questi fenomeni.

Sospettai dapprima che questi mutamenti della circolazione dipendessero da sogni che si svolgevano nel dormiente. Provai a destare le persone che si prestavano alle mie esperienze ed alcune volte constatai che realmente sognavano: ma nella maggior parte dei casi, anche quando veniva interrotto il sonno nell'istante medesimo che appariva la contrazione dei vasi, non ebbi una risposta che accennasse l'esistenza di un sogno o di una sensazione. Dopo i fatti osservati precedentemente si può ammettere per analogia, che simili variazioni nel movimento del sangue dipendano da processi, che si svolgono nei centri nervosi senza lasciare alcuna traccia nella memoria.

Le indagini che ho fatto sulla circolazione del sangue nel cervello della Caterina X e di Bertino confermarono pienamente questa supposizione. E noi abbiamo infatti osservato che, indipendentemente dalle cause esterne, possono comparire nel sonno delle forti variazioni nello stato dei vasi cerebrali senza che il dormiente svegliato sull'istante accusi la presenza di un sogno.

Che tanto nel sonno quanto nella veglia vi sieno dei fenomeni psichici, incoscienti è cosa ammessa da lungo tempo da parecchi psicologi. Le mie osservazioni non hanno in questo riguardo altro interesse se non di aver trovato nel campo dei fenomeni obbiettivi degli argomenti per analogia, i quali rendono probabile che

l'attività del cervello si continui nel sonno senza che la coscienza abbia sentore di questo lavoro delle idee. Questa dottrina venne sostenuta dal Carpenter e poi dal Maudsley il quale ammette [1] che « quando un' idea scompare dalla coscienza, non è necessario che vi scompaia intieramente; essa può rimanere latente sotto l'orizzonte della coscienza; le correnti del movimento molecolare diminuendo gradualamente prima che cessi per intero. Di più esso può produrre un effetto sopra il movimento, o sopra altre idee mentre rimane attiva sotto l'orizzonte della coscienza. Imperocchè quando troviamo essersi prodotto inconsciamente il medesimo effetto, che noi sappiamo essersi altre volte prodotto in noi per opera di una idea, ne inferiamo giustamente l'attività della medesima causa [2]; tanto più che talvolta, quando la nostra coscienza è distratta inaspettatamente dalle sue operazioni, o richiamata da qualche cosa di cui prima era occupato il suo campo, sorprendiamo l'idea incosciente sul fatto. La persistenza di un certo grado di energia e di intensità del circuito di ideazione apparirà certamente essere la condizione della coscienza ». Questa dottrina dell'operare inconsapevole degli emisferi cerebrali, che a primo aspetto sembra inaccettabile come se includesse il concetto di uno spreco di lavoro ed un consumo inutile di energia quando l'attività delle idee si svolge senza che esista la coscienza, ha il vantaggio di spiegare molti fatti psicologici cui manca fino ad ora una interpretazione migliore. Non insisterò su questo argomento e soggiungerò solo, che mentre le mie indagini sul sonno ammettono una interpretazione conforme alla dottrina sostenuta pure del Maudsley, lasciano però sospettare che nel sonno vi esista un periodo di riposo talmente profondo degli emisferi cerebrali che cessa ogni lavoro delle idee. Tale sarebbe il periodo in cui i tracciati del cervello presi nel sonno diventano regolari ed uniformi.

§ 2.

Lo studio dei mutamenti che subisce la circolazione del sangue nel cervello e nell'antibraccio durante il sonno non può separarsi da quello dei mutamenti che vi corrispondono nella funzione del respiro. Così è che nel nostro corpo le varie parti sono tanto strettamente collegate fra loro, che sempre il mutamento nelle funzioni di una di esse tira con sè un mutamento nelle funzioni delle altre. Infatti noi abbiamo veduto ripetutamente nei tracciati del sonno che ad una inspirazione involontaria profonda corrisponde una diminuzione nel volume del cervello e dell'antibraccio, e che i vasi contraendosi modificano la forma del polso di questi organi.

Un capitolo assai interessante nella fisiologia del sonno è questo delle modificazioni che subisce il ritmo e la forma dei movimenti respiratorî. Ho già trattato tale argomento in una precedente Memoria intorno *ai rapporti della respirazione addominale e toracica:* e non vi tornerò sopra che per aggiungere alcune nuove osservazioni indispensabili alle considerazioni che sto ora svolgendo.

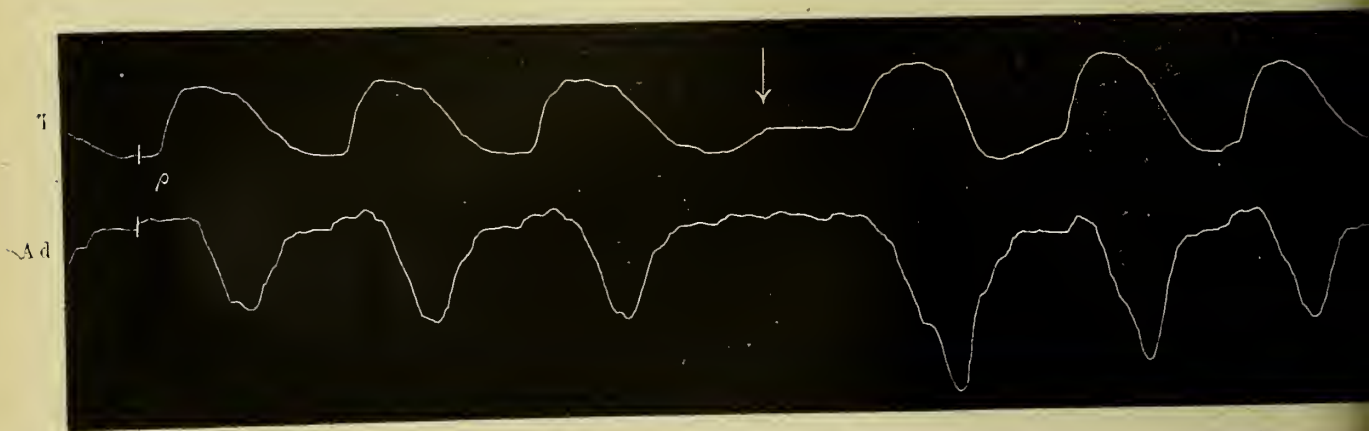
Nel sonno si producono delle modificazioni incoscienti del respiro, analoghe a quelle che abbiamo già osservate per la circolazione del sangue nel cervello e nell'antibraccio.

(1) Maudsley, *The physiology of mind.* London 1876 pag. 305.

(2) Questa asserzione venne recentemente impugnata da A. Herzen nella sua Memoria *Sul moto psichico e la coscienza.* Firenze 1879 pag. 49.

La fig. 30 rappresenta i movimenti respiratorî del sig. Caudana nel sonno. La respirazione toracica T è scritta col pneumografo di Marey. La curva T rappresenta perciò il movimento rovesciato: cioè quando il torace si eleva nell' inspirazione la curva T discende, e quando nell'espirazione il torace si abbassa la curva T si solleva. Viceversa la curva addominale Ad, che è scritta per mezzo di un timpano che poggia per mezzo del suo bottone sulla pelle presso l'ombellico, rappresenta il movimento delle pareti addominali come esso è in realtà, cioè nell'inspirazione si eleva e si abbassa nell'espirazione.

Caudana dorme profondamente: nel segno ↓ io tossisco involontariamente e subito la respirazione si modifica, benchè Caudana sia rimasto completamente immobile: osservando il tracciato noi vediamo che nel movimento espiratorio già incominciato vi succede una leggiera pausa e la curva espiratoria si prolunga assai più che non le precedenti.

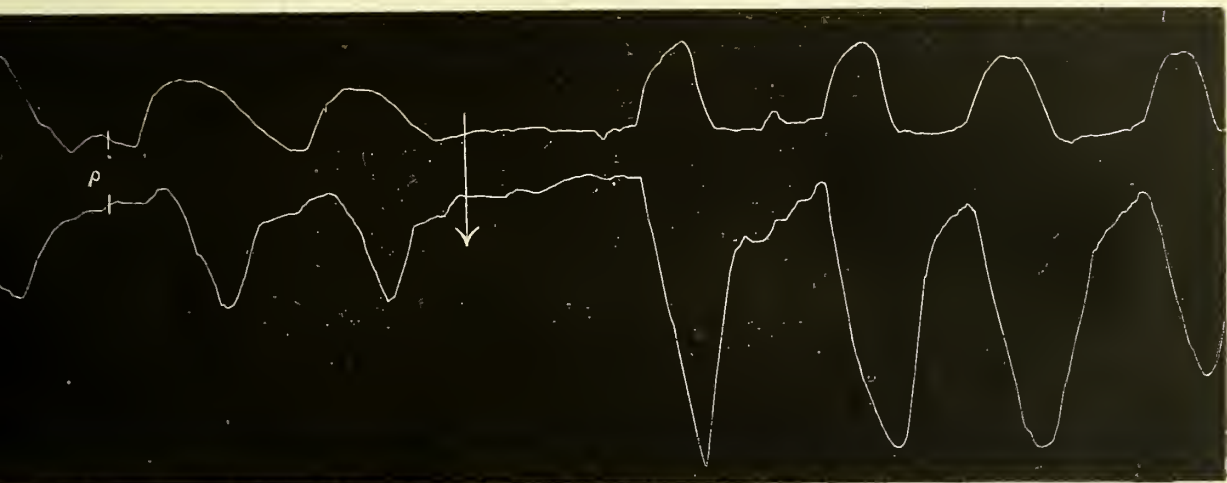
Fig. 30.

Movimenti della respirazione nel sonno. — T *Respirazione toracica.* — Ad *Respirazione addominale: scritte contemporaneamente.* — *In* ↓ *succede un leggero rumore che però non sveglia il dormiente.*

Dopo succede un' inspirazione più profonda e più rapida di prima: poi vi è come un leggiero principio di espirazione, cui succede un secondo movimento di espirazione più marcato e più forte. Basta di gettare un' occhiata sulla curva per convincersi che realmente i movimenti espiratorî del torace e dell'addome sono divenuti più forti.

La figura 31 rappresenta la continuazione dei tracciati precedenti quali furono scritti 1 minuto dopo, mentre Caudana dormiva profondamente. Dove c' è il segno ↓ lo chiamo per nome. Succede subito una profonda modificazione nel respiro. Caudana apre gli occhi, pochi secondi dopo scritte le ultime respirazioni contenute in questo tracciato. Gli domando se sentì tossire ed egli mi risponde che non sa nulla, che dormiva bene e non sognava.

Riprendiamo ora da principio questi due tracciati ed esaminiamoli attentamente per vedere tutte le serie delle trasformazioni che si produssero nei movimenti respiratorî per un suono che il dormiente svegliato prima che fosse trascorso un minuto dice di non aver sentito. Dopo esserci assicurati che le due penne stanno esattamente

sulla medesima linea verticale l'una sotto l'altra, come lo indica il punto di ritrovo P: il primo fatto che ci sorprende è la mancanza completa di corrispondenza fra i movimenti del torace e dell'addome. Infatti nel momento in cui il torace fa l'espirazione, l'addome rimane immobile. Quando incomincia l'inspirazione toracica succede invece un movimento di espirazione dell'addome perchè questo si abbassa. E mentre perdura l'inspirazione toracica succede un movimento di elevazione dell'addome analogo ad una inspirazione. Ho già spiegato nella Memoria sopracitata questa mancanza di correlazione fra i movimenti dell'addome e del torace che a primo aspetto può sembrare paradossale. La ragione di questo fenomeno sta in ciò che il diaframma dopo di essere stato nel giorno e nella veglia il muscolo più attivo nei movimenti della respirazione cade nel riposo del sonno in uno stato tale di inerzia che per poco non lo si direbbe un organo paralizzato. Nella veglia l'addome si eleva contemporaneamente alla dila-

Fig. 31.

Modificazione che succede nei movimenti della respirazione toracica T *e addominale* Ad *quando il dormiente viene svegliato in* ↓

tazione del torace perchè il diaframma si abbassa con movimento sincrono a quello degli altri muscoli respiratorî. Ma se questo per una causa qualunque cessa dal contrarsi, ne viene di necessità che dilatandosi il torace si affondi l'addome, perchè il diaframma che non presenta più una resistenza sufficiente verrà tirato in alto dalla pressione negativa che si stabilisce nella cavità toracica. Però durante l'inspirazione si desta l'attività del diaframma: non possiamo ammettere che la contrazione lo porti molto più in là della posizione che ha nel riposo, perchè nell'espirazione successiva l'addome rimane immobile, e qualche volta come si vede nel secondo tracciato invece di abbassarsi si solleva leggermente, spinto dalla pressione positiva che si produce nella respirazione toracica.

Questi fatti ci dimostrano che nel sonno è la espirazione toracica quella che ha il sopravvento e che il diaframma perde tanto della sua energia da seguire come una membrana presso che inerte le variazioni della pressione che succedono nella cassa toracica.

Appena succede un rumore, immediatamente e senza alcuna partecipazione della volontà e della coscienza cambia il ritmo e la forma della respirazione diaframmatica, che diventa più attiva. Le modificazioni nella funzione del diaframma si rendono assai più evidenti nella figura 31 dove lo chiamo forte per nome. Nel momento in cui pronuncio il nome di Agostino, subito si arresta il movimento del respiro e dopo si fa come prima una espirazione più profonda.

Il diaframma cessa di essere inerte e riprende le sue contrazioni movendosi di pieno accordo coi muscoli della cavità toracica. — Noi vediamo infatti che le curve addominali e toraciche si corrispondono assai meglio di prima: e l'espirazione succede nel medesimo istante tanto nell'addome quanto nel torace. La piccola differenza che trovasi ancora tra il principio della inspirazione toracica e addominale scompare nel tracciato 31, quando Candana ebbe tempo di svegliarsi completamente. Un fatto che si impone all'occhio guardando questi tracciati è la modificazione profonda che essi subirono passando dal sonno alla veglia. La respirazione quasi esclusivamente toracica del sonno si trasformò nella veglia in un tipo quasi esclusivamente diaframmatico.

Questo fenomeno cui ho dato il nome di *alternazione nei movimenti respiratori* del diaframma e del torace, ci servirà fra poco per altre considerazioni sulla natura del sonno: per ora riteniamo il fatto che le cause esterne bastano a modificare profondamente il respiro senza svegliarci; e che nel sonno vi è tutta una serie di percezioni non coscienti, che possono modificare profondamente le funzioni dell'organismo senza lasciare alcuna traccia nella memoria.

§ 3.

Questi mutamenti che succedono a nostra insaputa costituiscono uno dei più meravigliosi congegni che si possano osservare fra le perfezioni della nostra macchina. La natura, quando cessa la coscienza, non poteva abbandonare il nostro corpo alle azioni del mondo esterno, o lasciarlo inerme nel pericolo di essere preda dei suoi nemici. Era necessario che anche nel sonno, e senza partecipazione della volontà, vi fosse una parte dei centri nervosi che vigilasse sul mondo esterno e che a tempo preparasse le condizioni materiali per il risveglio della coscienza. Ora se noi pensiamo ai fenomeni incoscienti che abbiamo veduto svolgersi nel sonno per cause esterne, ci apparirà evidente che tutti sono coordinati ad uno scopo: e che tutti convergono ad aumentare la circolazione del sangue nel cervello per risvegliarne nel pericolo la sua attività.

Io non credo di allontanarmi dal vero se asserisco che tutto l'insieme dei movimenti riflessi osservati nel sonno costituisce un vero apparecchio di difesa per l'organismo. Giacchè ci troviamo in un capitolo poco esplorato della fisiologia, mi sia permesso di risalire coll' aiuto delle moderne dottrine, all' origine di quest' alternativa del riposo e dell'attività dei centri nervosi che costituisce la veglia ed il sonno.

Spencer fa notare giustamente nei suoi principî di psicologia ([1]) « che se la vita avesse un tono uniforme, e se le condizioni terrestri fossero tali che delle azioni di qualunque specie potessero essere egualmente prodotte in un'epoca, od in un'altra, la riparazione e il consumo di tutti gli organi, compresi i centri nervosi si

([1]) *Principes de Psychologie.* Paris 1875. Tome I. pag. 86.

compirebbe d'una maniera presso a poco uniforme in tutti. Ma la successione del giorno e della notte porta con sè una successione di attitudini più o meno grandi all'azione che ha il suo effetto nel deperimento e nella riparazione successiva degli organismi che si adattano a questa successione. Questo adattamento è dovuto manifestamente a ciò che sopravvive il più atto. Un animale costituito in modo che il consumo e la riparazione siano controbilanciati ad ogni istante nelle ventiquattro ore, sarebbe a parità di circostanze vinto da un nemico, o da un competitore, che potesse sviluppare una energia maggiore nel tempo in cui il giorno ne facilita l'azione: quantunque abbia un grado minore di energia durante le ore della notte in cui sta ritirato. Fu così che venne a stabilirsi necessariamente questa variazione ritmica dell' azione nervosa che noi chiamiamo sonno e veglia ».

Ora noi sappiamo per propria esperienza che il sonno ripara tanto più rapidamente le nostre forze quanto più esso è profondo: e che viceversa le apprensioni dell'animo mettono ostacolo ad un sonno riparatore.

Accettata l'opinione di Spencer intorno alla origine del sonno, ne risulta che il tipo più perfetto di un animale il quale deve tirare il maggior partito delle sue forze, sarà quello, che nella notte può riabilitarsi più rapidamente a nuove fatiche, abbandonandosi senza alcuna apprensione ad un sonno profondo.

Nel nostro organismo troviamo realizzate queste condizioni con mirabile semplicità.

L' uomo dopo le fatiche del giorno cerca un riparo e si addormenta. I muscoli delle estremità del tronco e del collo si rilasciano completamente. Le palpebre si abbassano e chiudono gli occhi. La respirazione cambia di ritmo, e mentre nella veglia era principalmente diaframmatica, nel sonno diventa pel contrario quasi esclusivamente toracica. Il rilasciamento del diaframma può essere così grande da crederlo inerte (1). I processi della combustione sono talmente scemati nell'organismo, che i movimenti della respirazione, che prima introducevano circa 7 litri di aria nei polmoni, hanno ridotto la ventilazione a solo 1 litro per minuto. Il cuore esso pure rallenta l'energia e la frequenza delle sue contrazioni: i vasi si dilatano, diminuisce la pressione del sangue e il corpo si raffredda sensibilmente.

In questo profondo assopimento vi è però tutto un sistema di nervi e di cellule nervose che conservano inalterate le loro funzioni e stanno vigilanti sul mondo esterno. Basta una voce, un rumore lontano, un raggio di luce che attraversi le palpebre, un toccamento leggiero, od un'impressione qualsiasi, perchè tosto si attivi la respirazione, perchè i vasi delle estremità si contraggano, il cuore aumenti l'energia e la frequenza dei suoi battiti, si accresca la pressione sanguigna e scorra più copioso il sangue al cervello. Ristabilite in questo modo le condizioni materiali della coscienza, si comprende che, nella lotta per la vita, avrà maggiore facilità di sottrarsi ai danni del mondo esterno l'organismo in cui sarà più completa e perfetta la vigilanza incosciente e che potrà passare più rapidamente dallo stato di profondo riposo a quello della sua completa attività, prima che sia troppo vicino il pericolo ed inevitabile il danno.

(1) A. Mosso, *Sul polso negativo e sui rapporti della respirazione addominale e toracica.* Archivio per le scienze mediche 1878.

CAPITOLO VII.

Sulle ondulazioni dei tracciati cerebrali che dipendono dai movimenti dei vasi, o dal cuore.

§ 1.

Oltre alle *pulsazioni,* che sono prodotte dalle sistoli cardiache, e le *oscillazioni,* che dipendono dai movimenti respiratorî, vi sono nei tracciati del cervello delle curve generalmente più ampie cui diedi il nome di *ondulazioni.* Sotto questo nome generico ho compreso tutta una categoria di variazioni nel volume del cervello che dipendono da cause affatto differenti fra loro.

Per quanto fosse mio desiderio di classificare le ondulazioni in vari gruppi, secondo la loro causalità, fu solo per una serie relativamente piccola, che ho potuto stabilirne l'origine. Tutte le altre ondulazioni di cui non conosco la natura, le ho confuse, come risulta dal precedente capitolo, sotto la denominazione generale *di movimenti spontanei dei vasi.* Evidentemente io adopero qui l'aggettivo *spontaneo* nello stretto senso fisiologico, dichiarando, come ho già fatto altra volta, che non conosciamo attualmente la causa materiale del fenomeno, benchè implicitamente se ne ammetta l'esistenza. È nostro vivo desiderio che questo gruppo vada successivamente scomparendo e ceda posto ad una classificazione più naturale.

Le ondulazioni della pressione sanguigna (*wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes*) osservate primieramente da Traube nel cane e nel gatto, e studiate più tardi da Hering e Schiff, non costituiscono che un caso speciale di queste ondulazioni. I movimenti spontanei dei vasi, quando sono limitati ad una sola provincia del corpo, possono produrre delle ondulazioni nel tracciato pletismografico, ossia nella curva del volume di un organo, anche mentre rimane costante la pressione nei grossi vasi arteriosi, e mancano per conseguenza le così dette *wellenförmigen Schwankungen des Blutdruckes.* La ragione del possibile difetto di corrispondenza fra questi due fenomeni ci appare evidente, quando noi pensiamo che le *ondulazioni pletismografiche* sono un fenomeno spesso del tutto locale: mentre le *ondulazioni della pressione* sono un fatto generale, la cui influenza si riflette su tutta la circolazione. Noi vedremo nel seguente capitolo, colle esperienze fatte sopra i conigli, che può benissimo dilatarsi una certa provincia di vasi e produrre una ondulazione pletismografica, senza che perciò varii la pressione nei grossi vasi: a tale scopo basta che succeda contemporaneamente in un'altra parte del corpo una contrazione dei vasi, che compensi col suo effetto la diminuzione che sarebbesi altrimenti osservata nella pressione. Quando le ondulazioni pletismografiche corrispondono esattamente alle ondulazioni della pressione, in modo che la diminuzione del volume di un organo, venga accompagnata da un aumento della pressione, si può ammettere che la contrazione dei vasi sia causa della pressione maggiore; e viceversa, quando la dilatazione de' vasi, o l'aumento di volume, è contemporaneo ad una diminuzione della pressione manometrica nei grossi tronchi anteriori. Nelle presenti ricerche abbiamo confermata l'esistenza delle altre combinazioni, che sono ancora possibili, cioè aumento della pressione accompagnato da aumento nel volume di un organo:

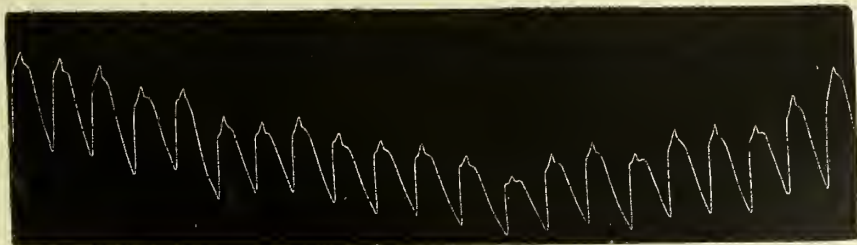
e quello della diminuzione della pressione accompagnata dalla diminuzione del volume di un organo. Nel primo caso, come ad esempio nell'attività intellettuale, o nelle emozioni l'aumento del cervello era prodotto in modo passivo da un afflusso maggiore del sangue, per effetto dell'aumentata pressione sanguigna. Infatti a questa elevazione della curva pletismografica cerebrale corrisponde un abbassamento della curva pletismografica del braccio. Essendo questa la causa periferica dell'aumentata pressione nel cervello e della sua dilatazione, noi ci troviamo davanti ad una ondulazione che per brevità possiamo chiamare *passiva*.

Non si può fare dipendere la diminuzione di volume dell'antibraccio da un afflusso più copioso di sangue al cervello, perchè nell'attività cerebrale e nelle emozioni la diminuzione di volume di un solo antibraccio è per se stessa maggiore dell'aumento di volume che succede nel cervello.

Nel coniglio vedremo più tardi verificarsi il caso inverso: cioè una diminuzione della pressione, consociata ad uno stringimento dei vasi nell'orecchio. Nelle esperienze in cui l'energia e il numero delle contrazioni cardiache rimane costante, noi dobbiamo ammettere che la contrazione dei vasi nell'orecchio non sia per se stessa sufficiente ad elevare la pressione generale del sangue, e che debba nel medesimo istante esistervi una dilatazione dei vasi in altre parti del corpo, la quale compensa e distrugge l'effetto di questa ischemia parziale.

Nei limiti delle nostre osservazioni, e per breve spazio di tempo, dovendosi considerare come invariabile la quantità di sangue contenuta nel nostro corpo, non possiamo accettare l'opinione di Basch [1] e di altri i quali ammisero che ad ogni aumento della pressione debba succedere una elevazione della curva pletismografica, perchè tutti gli organi del corpo non possono contemporaneamente ingrossarsi. Anche l'inversa è falsa, quando voglia farsene una legge generale; perchè evidentemente non può nello stesso istante diminuire il volume di tutti gli organi del corpo per una contrazione dei vasi: ed il sangue cacciato da una parte del sistema circolatorio, deve necessariamente accumularsi in un'altra e produrre così in qualche organo un aumento di volume.

Le ondulazioni pletismografiche del cervello, che noi chiamiamo passive (quelle cioè che dipendono da una diminuzione, o da un aumento della pressione sanguigna, senza che vi prendano parte attiva i vasi dell'organo stesso), si distinguono da quelle attive, perchè in queste ultime la contrazione delle pareti vasali modifica il profilo delle singole pulsazioni.

Fig. 32.

Ondulazione pletismografica passiva del cervello.

(1) *Die Volumetrische Bestimmung des Blutdrucks an Menschen.* Medizinischen Jahrbüchern 1876. IV.

I tracciati 32 e 33 bastino a dare un esempio di questa differenza.

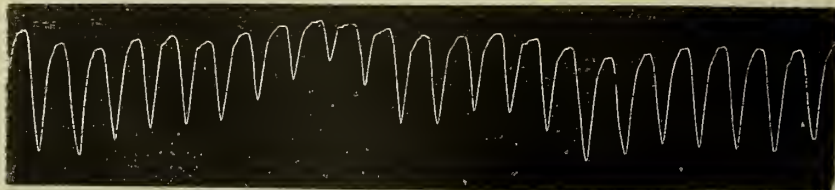
Il polso cerebrale di Bertino aveva una forma decisamente tricuspidale, all'improvviso e senza causa nota succede una depressione della curva, fig. 32. Le singole pulsazioni scendono verso l'ascissa e diventano più piccole, ma la loro forma non cambia e la frequenza delle singole pulsazioni rimane costante. La registrazione continua; nel tracciato che non riferisco appaiono delle leggiere oscillazioni respiratorie e quindi dopo un minuto, nel tracciato 33, compare un' altra depressione della curva che si differenzia dalla prima per la modificazione profondissima che succede nella forma delle pulsazioni; le quali da anacrotiche diventano catacrotiche. Questo mutamento è tanto più degno di essere preso in considerazione, perchè la diminuzione nel volume del cervello è in questo caso di molto inferiore a quella che si è prodotta precedentemente, mentre rimane presso che inalterata la forma delle pulsazioni.

Fig. 33.

Ondulazione pletismografica del cervello prodotta da una contrazione dei vasi sanguigni di quest'organo.

Le osservazioni già esposte, ed i fatti che verremo successivamente enunciando, ci mostrano che nel tracciato 33 vi fu una contrazione dei vasi del cervello, e ci fanno ammettere una diminuzione della pressione nel tracciato 32.

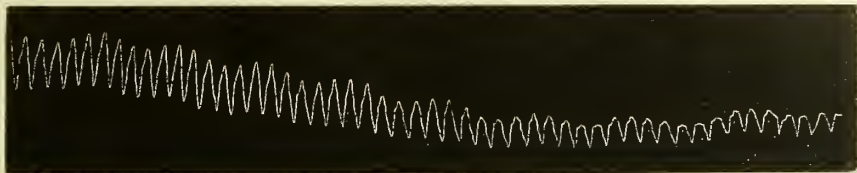
Fra le ondulazioni pletismografiche passive noi mettiamo anche quelle che dipendono da un mutamento nell'efflusso venoso. Evidentemente un organo può aumentare o diminuire di volume, se aumenta o diminuisce l'afflusso di sangue arterioso, mentre rimane costante l'efflusso venoso: ma può anche aumentare o diminuire di volume, se diminuisce o aumenta l'efflusso venoso, mentre rimane costante l'afflusso arterioso. Ora studiando i tracciati del polso cerebrale, noi vediamo che spesso si producono delle variazioni nella parte inferiore verso l'ascissa. Mentre la nostra attenzione venne prima rivolta specialmente alla sommità delle singole pulsazioni, noi dobbiamo ora fissarla sulla base delle medesime.

Fig. 34.

Ondulazione pletismografica del cervello prodotta da una variazione nell'eflusso del sangue venoso.

Nel tracciato fig. 34 preso sopra il giovane Thron noi vediamo infatti che le pulsazioni diventano successivamente più piccole, malgrado che succeda un leggiero aumento di volume; e dopo crescono di altezza mentre succede una leggiera diminuzione di volume. Le ondulazioni più forti non si producono nel seguito di questo tracciato nella linea spezzata che unisce il vertice di tutte le pulsazioni, ma bensì in quella

inferiore che unisce la base delle medesime. Per spiegare questo fenomeno noi dobbiamo necessariamente ammettere che la prima ondulazione venne prodotta come le successive sotto un minore deflusso del sangue venoso.

Le indagini che ho fatte sulle *ondulazioni pletismografiche* diedero risultati del tutto analoghi a quelli che Mayer [1] aveva già ottenuto per le *ondulazioni della pressione*; per cui posso anch'io conchiudere che « non vi è un rapporto fra il ritmo dell' innervazione per i movimenti respiratorî, col ritmo dell' innervazione pei vasi sanguigni ».

Fig. 35.

Caterina X — *Ondulazione pletismografica del cervello prodottasi durante il sonno.*

La fig. 35 rappresenta una profonda ondulazione, prodottasi nel volume del cervello di Caterina X durante il sonno, cui non corrisponde alcuna azione esterna e che non dipende dai movimenti respiratorî, la cui influenza è già indicata nella presente figura dalle oscillazioni respiratorie corrispondenti.

Le ondulazioni spontanee dei vasi sono un fenomeno che non è in alcun rapporto, nè coll'innervazione, nè coi movimenti dell'apparato respiratorio (Traube ed Hering); che si produce senza che possa credersi dipendente da una certa venosità del sangue arterioso (Cyon, Hering) per accumulo di CO_2, o per difetto di ossigeno. È un fenomeno affatto normale, che interpretiamo come un cambiamento nella elasticità dei vasi, perchè non scorgiamo una corrispondente modificazione nel polso dell'antibraccio.

Le ondulazioni spontanee dei vasi cerebrali non hanno un ritmo costante, e il tracciato del cervello può rimanere spesso per lungo tempo orizzontale, senza altre elevazioni che quelle del polso; e ciò anche quando nel braccio si vedono le oscillazioni respiratorie.

Ho già detto altrove che il metodo per distinguere i cambiamenti nel volume e nella forma del polso, che dipendono da una causa generale, da quegli altri che sono locali e proprî del cervello, consiste nel registrare contemporaneamente il polso di quest'organo con quello di un' altra parte del corpo, l'antibraccio ad esempio. Trovando, come mi capitò spesso, dei tracciati dove le ondulazioni del cervello e dell'antibraccio non si corrispondono, noi abbiamo il diritto di arguire che in questi casi esse sono fra loro indipendenti.

§ 2.

Le osservazioni sopra descritte fatte nell'uomo hanno dimostrato che le ondulazioni dei tracciati pletismografici non dipendono dai movimenti respiratorî e che esse non si corrispondono sempre in due parti del corpo che si osservino contemporaneamente. Un esame anche superficiale dei tracciati precedenti basta per assicurarci

[1] S. Mayer, *Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe.* Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1877 pag. 296.

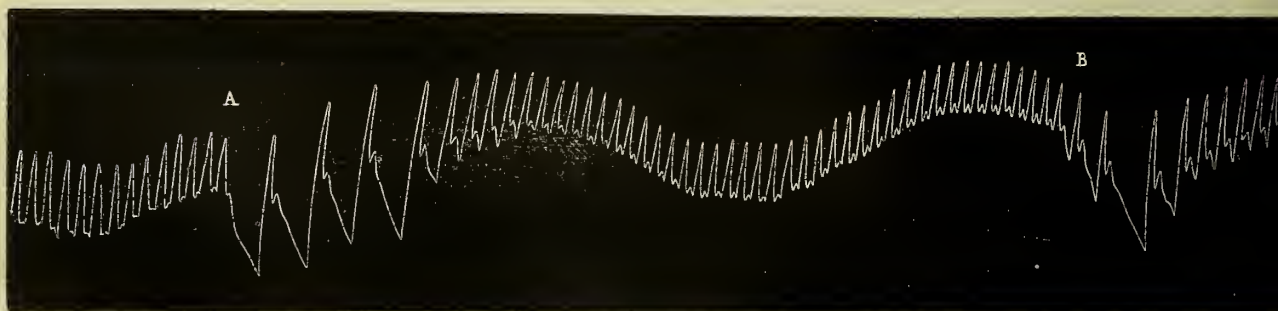
che le ondulazioni non dipendono certo da un mutamento nella frequenza delle sistoli cardiache.

È interessante il fatto che qualche volta le ondulazioni della pressione si svolgono presso che inalterate, malgrado che i movimenti del cuore subiscano delle profonde modificazioni. Valga un esempio per tutti.

Fig. 36.

Ondulazioni della pressione sanguigna nell'arteria carotide di un cane.

Scrivo il polso della carotide di un cane con un timpano a leva pieno di carbonato di soda e trovo che vi sono delle profonde ondulazioni, affatto indipendenti dai moti del respiro, fig. 36. La forma del polso non si modifica in queste profonde ondulazioni. Per vedere l'influenza che un rallentamento delle sistoli esercita sulla forma delle ondulazioni, scopro un nervo vago e lo chiudo in mezzo ad una pinzetta come quelle che si usano per l'irritazione elettrica dei nervi; rimetto l'apparecchio nella ferita ed aspetto che la respirazione sia nuovamente tranquilla e normale. Le ondulazioni nella figura 37 persistono come prima molto forti. In A faccio una prima irritazione che dura pochi secondi. Il cuore rallenta immediatamente i suoi battiti e succedono 4 o 5 pulsazioni più lente e più forti.

Fig. 37.

Ondulazioni della pressione sanguigna nell'arteria carotide del medesimo cane, mentre in A *ed in* B *si fa una irritazione elettrica del nervo vago.*

Se si osserva la linea che passerebbe per l'apice di tutte le pulsazioni e quella che unirebbe l'elevazione dicrotica delle medesime, si vede che la curva continua a salire regolarmente malgrado che sia divenuta molto minore la frequenza dei battiti cardiaci. Pare che si stabilisca una compensazione fra l'ampiezza delle contrazioni cardiache e la loro frequenza. Il valore medio della pressione non diminuisce di molto, perchè malgrado sia scemato il numero delle contrazioni, il cuore nell'unità di tempo spinge nei vasi una quantità corrispondente di sangue con delle contrazioni molto più poderose.

In B mentre la curva sta per discendere faccio una seconda irritazione momentanea del vago. Le contrazioni diventano subito più lente e l'ondulazione della curva procede quasi inalterata.

§ 3.

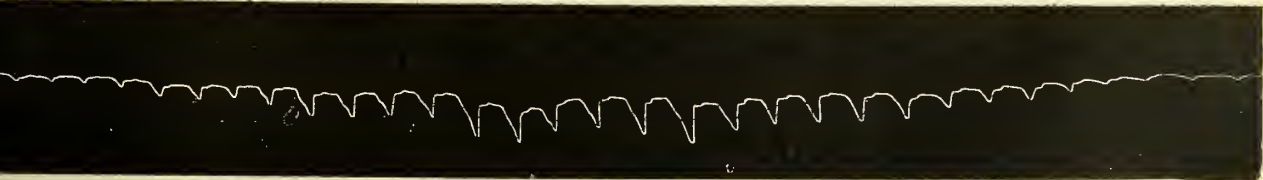
I mutamenti che subisce la circolazione cerebrale vennero fino a questo punto considerati esclusivamente in rapporto coll'azione dei vasi sanguigni: ci restano ora ad esaminare le ondulazioni dei tracciati cerebrali che dipendono dal cuore.

Nel precedente capitolo intorno alla circolazione sanguigna nell'attività cerebrale e nel sonno, siamo passati in silenzio sull'azione cardiaca, per evitare una complicazione e studiare isolatamente i fenomeni che entrano come fattori in questo intricatissimo problema. Ma vi è una reciprocità costante fra i mutamenti che hanno luogo nelle funzioni dei vasi e del cuore. E se ci mettiamo ad esaminare i tracciati della veglia e del sonno troveremo sempre più o meno distinta questa correlazione. Dei molti esempî che potrei riferire in proposito mi basta di rammentare quanto ho già esposto nel capitolo V. parlando dei fenomeni osservati nel sonno (tav. VII.).

Bertino dormiva profondamente nel segno ↓ lo tocco leggermente all'orecchio colla penna. Egli non si sveglia, ma i suoi vasi reagiscono come si vede dall'elevazione che succede nel cervello di cui le pulsazioni diventano alquanto più piccole. Dopo le pulsazioni si fanno più grandi di prima, il cervello diminuisce alquanto di volume. In questo istante le pulsazioni del cuore sono divenute più lente. Si ripete lo stesso esperimento nella linea superiore con eguale risultato.

Nello stesso foglio vi sono altri esempî di un rallentamento spontaneo del cuore.

Nel cervello quando scema la frequenza delle sistoli cardiache osservasi ora una diminuzione ed ora un aumento del suo volume. Incominciamo col primo caso che ritengo il più semplice. Nel giovane Thron il volume del cervello presenta di quando in quando dei profondi avvallamenti, che non sono in rapporto colla respirazione, come si vede nella figura 38. Mentre il tracciato nel suo complesso va abbas-

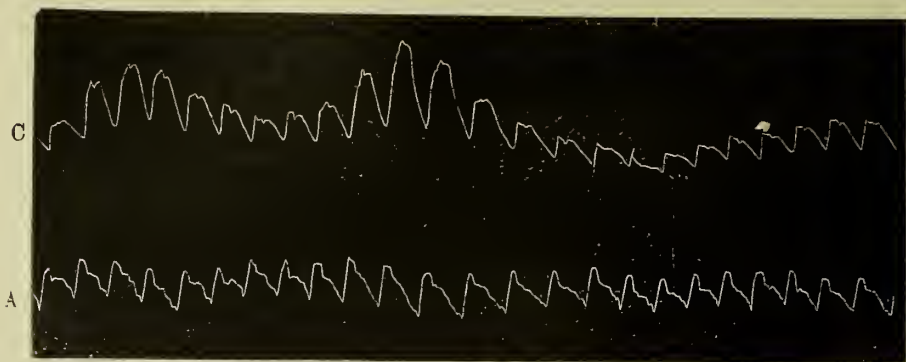
Fig. 38.

Thron. — *Ondulazione pletismografica del cervello dovuta a un rallentamento dei battiti cardiaci.*

sandosi, le singole pulsazioni sono più lente e più grandi. Altre volte questi periodi sono più frequenti e le depressioni meno distinte. Ho scelto l'esempio di una grande ondulazione perchè non si credesse che abbiamo qui da fare con un fenomeno che dipende dalla respirazione.

L'interpretazione più semplice che parmi si possa dare di questo fenomeno è la seguente. Il cuore colla frequenza e l'energia delle sue contrazioni, tiene così dilatato il cervello, che la cicatrice distesa sopra la breccia del cranio non può pulsare che assai debolmente. L'efflusso venoso non permette un abbassamanto notevole della

curva sul finire di ogni pulsazione, come si vede nella fig. 38. In queste circostanze, se il cuore rallenta il ritmo dei suoi battiti, la pausa fra le sistoli divenendo più lunga, lo sgorgo venoso acquista il predominio: il volume del cervello diminuisce, e le pulsazioni divengono più distinte. Queste ondulazioni dovute al rallentamento dei battiti cardiaci si possono ripetere 4 o 5 volte al minuto, come avemmo spesso occasione di osservare nel giovane Thron.

Dopo aver già riferito nelle osservazioni fatte sopra Bertino nel sonno alcuni esempî molto evidenti di una diminuzione nel volume del cervello prodotta da un rallentamento dei battiti cardiaci, presento ora un tracciato dove agiscono contemporaneamente sul polso cerebrale: 1° la contrazione e il rilassamento dei vasi sanguigni nell'antibraccio; 2° la variazione nella frequenza del polso; 3° la variazione nell'energia delle sistoli cardiache. Nel principio della figura 39 vi sono 4 pulsazioni durante le quali il vo-

Fig. 39.

Bertino — *Variazioni prodotte nel polso del cervello C, e dell'antibraccio A, per mutamenti succeduti nello stato dei vasi, nell'energia e nella frequenza dei battiti cardiaci.*

lume dell' antibraccio e del cervello presentano una variazione analoga. La sesta pulsazione dura alquanto meno delle altre. Il volume dell' antibraccio è in via di aumento, invece nel cervello vi è una diminuzione. All'ottava pulsazione si manifesta una contrazione dei vasi nell'antibraccio, perchè questo diminuisce, mentre il cervello aumenta di volume. Quindi succede un rallentamento molto notevole dei battiti cardiaci; le sistoli del cuore si rinforzano; ma l'altezza delle pulsazioni nell'antibraccio non corrisponde a quelle del cervello, perchè queste aumentano rapidamente nel principio in cui si manifesta la contrazione dei vasi nell'antibraccio, ed incominciano a diminuire di altezza quando nell'antibraccio diventano invece più grandi. Al rallentamento dei battiti cardiaci tien dietro in questo caso una diminuzione nell' altezza del polso cerebrale.

Potrei riferire altri tracciati, dove ho scritto contemporaneamente il polso del cervello e i movimenti respiratorî, da cui risulta che una simile variazione nella frequenza dei battiti cardiaci può esistere anche mentre il respiro rimane immutato nella sua forma e nel suo ritmo.

Ritornerò sopra questo fenomeno paragonando l'effetto di una profonda inspirazione sul polso cerebrale nella veglia e nel sonno; per ora aggiungo solo, che dalle osservazioni fatte sul cervello e sull' antibraccio si può stabilire come regola, che

quasi sempre il rallentamento nella frequenza dei battiti cardiaci è preceduto da una contrazione dei vasi nell'antibraccio, e da un leggero aumento nella frequenza del ritmo cardiaco.

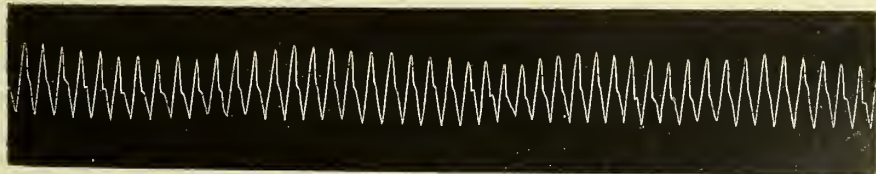
Quando il volume del cervello aumenta per una causa meccanica, come nella respirazione e negli sforzi muscolari, il rallentamento contemporaneo dei battiti cardiaci non si rivela con un abbassamento del tracciato cerebrale, perchè l'effetto di questa causa viene compensato dalle azioni concomitanti, e particolarmente dalla congestione venosa. Gli esempi in proposito ottenuti mentre una persona si alza, o si siede, oppure fa uno sforzo sono troppo facili a comprendersi, perchè io ne riferisca i tracciati, od insista sul meccanismo della compensazione con altre parole.

§ 4.

Quanto alle ondulazioni che dipendono dalla mutata energia del cuore, mentre rimane costante la frequenza, devo confessare che affronto questo argomento con una certa trepidazione: perchè si tratta qui di un campo poco studiato nella fisiologia della circolazione, dove le indagini che io ho fatto sull'uomo e sugli animali non mi condussero ancora a risultati che mi soddisfacciano. Sebbene si debba credere che l'energia delle contrazioni cardiache sia soggetta a variazioni periodiche anche nello stato normale, i fatti positivi registrati sono molto scarsi.

Raccomando ai colleghi cui si presenta nella clinica assai più spesso occasione di osservare ammalati con forti variazioni nell'energia dell'impulso cardiaco, di applicare rigorosamente il metodo grafico: e di scrivere contemporaneamente i moti del respiro, del cuore, il polso della carotide e dell'antibraccio. Quando invece di studiare il polso in una sola parte dell'organismo noi applichiamo uno strumento registratore sulla carotide, o dentro un grosso tronco arterioso qualsiasi, si trova spesso che la forma del polso rimane presso che immutata, anche durante forti variazioni della pressione. La fig. 36 ci dà un esempio di profonde ondulazioni, dove solo nell'avvallamento le pulsazioni si fanno alquanto più piccole, conservando inalterato il loro tipo, eccetto il dicrotismo che diviene alquanto più spiccato.

Stabilito questo fatto che le variazioni della pressione possono essere relativamente grandi, senza che perciò si muti la forma del polso: ecco un altro tracciato preso egualmente nella carotide di un cane dove le ondulazioni sono meno grandi e ciò nullameno i mutamenti che vi corrispondono nella forma del polso sono assai più cospicui.

Fig. 40.

Cane. — *Variazioni periodiche nella forma del polso carotideo.*

Questa differenza si percepisce facilmente tanto quando si fissa l'attenzione sull'altezza delle elevazioni dicrotiche nella fig. 40, come quando si considera la linea che riunirebbe l'apice di tutte le pulsazioni. Si vede che il frammento riferito contiene

nel principio 5 pulsazioni, che sono il termine di una precedente ondulazione; poscia vi succede una ondulazione che abbraccia circa 20 pulsazioni, e quindi due ondulazioni più brevi. Mentre tengo sott'occhio i tracciati di tutte l'esperienze fatte su questo cane per mezzo della cloroformizzazione trovo che vi furono immediatamente prima delle ondulazioni assai più lunghe che certo non dipendevano dalla respirazione.

Qualche volta le variazioni sono più frequenti nel loro ritmo e sono anche più spiccate le differenze nel profilo di ciascuna pulsazione, come si osserva nel seguente tracciato preso dalla carotide di un cane di media grandezza, circa 2 minuti dopo che gli si injettarono sotto la pelle della gamba 0,02 gr. di solfato di stricnina.

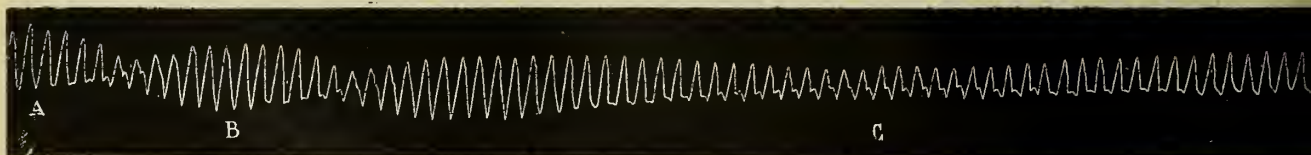
Fig. 41.

Cane. — *Variazioni periodiche nella forma del polso carotideo.*

Le ondulazioni della linea che unisce l'apice di tutte le pulsazioni non corrispondono esattamente per la loro forma alle ondulazioni della linea inferiore che unisce la base delle pulsazioni medesime.

Se partiamo dalla più alta pulsazione di ciascun periodo, noi troviamo che le successive perdono di altezza. La pressione diminuisce in questa prima parte decrescente del periodo e il dicrotismo diventa più manifesto: poi succede una sistole del cuore in apparenza più piccola, ma senza che cambii il ritmo della frequenza.

La linea inferiore si alza ed incomincia la seconda fase crescente del periodo, in cui le pulsazioni aumentano nuovamente di altezza. Queste ondulazioni mi hanno l'aspetto di essere prodotte da una variazione nell'energia delle sistoli cardiache.

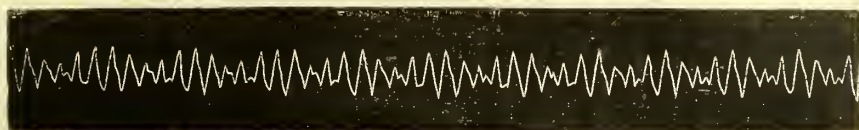
Fig. 42.

Cane. — *Variazioni periodiche nella forma del polso della carotide.*

La forma del loro ritmo è incostante. Mentre talora abbraccia appena 3 o 4 secondi, può nello stesso animale, e senza che nulla sia mutato, apparire un' ondulazione che si estende per quasi mezzo minuto; come si osserva nella seguente figura in cui due periodi brevi A, B, vengono seguiti da un lunghissimo periodo C, il quale certo non dipende dalla respirazione.

Circa 10 secondi dopo il polso della carotide, senza che siasi nulla mutato nella esperienza, prende la forma indicata nella fig. 43 dove i periodi abbracciano appena 5 o 6 pulsazioni.

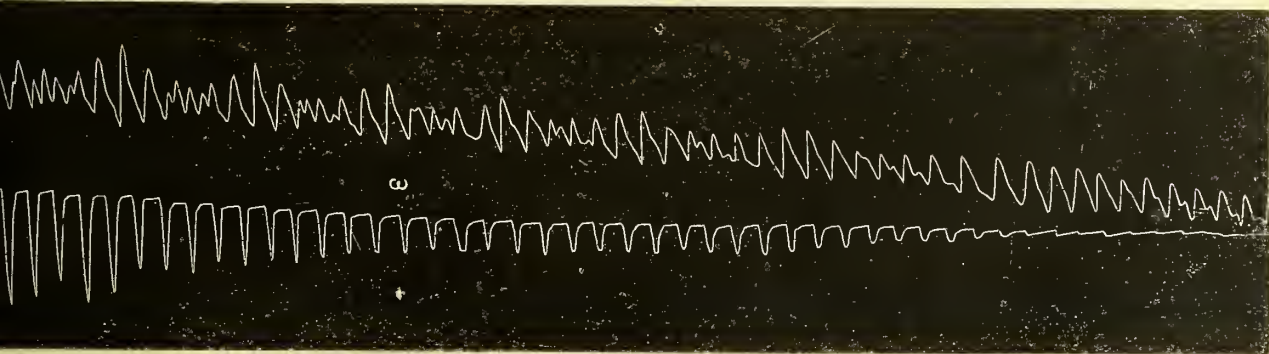
Dinnanzi a tali osservazioni è naturale che io abbia dovuto subito assicurarmi

se questo fenomeno non fosse in relazione col respiro. Applico all'animale un pneumografo e trovo che i movimenti della respirazione hanno la stessa frequenza delle sistoli cardiache. Aspetto qualche minuto, registrando contemporaneamente il polso della carotide colla respirazione, e vedendo che non comparisce alcuna variazione periodica nella forma delle pulsazioni, ricorro al metodo di fare una nuova inalazione di cloroformio, che mi aveva già servito altre volte per ottenere la produzione dei periodi.

Fig. 43.

Cane. — *Variazioni periodiche nella forma del polso carotideo.*

Poco dopo che cessai di amministrargli il cloroformio comparve il fenomeno. Dai tracciati, che per brevità non riferisco, risulta che la profondità delle respirazioni non è in rapporto colle variazioni periodiche nella forma del polso.

Cessata l'azione del cloroformio l'animale si ristabilisce e tutto rientra nelle condizioni di prima. A questo punto faccio eseguire una inalazione più profonda di cloroformio. Mentre persiste ancora l'amministrazione del cloroformio, appariscono già nel polso le variazioni periodiche. In ω, fig. 44, fo segno che si allontani dalla cannula legata

Fig. 44.

Cane. — *Variazioni periodiche nella forma del polso carotideo sotto l'influenza del cloroformio. La linea inferiore rappresenta i movimenti respiratorî del torace.*

nella trachea l'inalatore del cloroformio. Il tracciato dimostra che la pressione del sangue e la forza dei moti respiratorî vanno diminuendo successivamente. I movimenti del cuore sono alquanto più frequenti, che non quelli della respirazione: e mentre l'ampiezza di questi ultimi decresce con una grande regolarità, il polso della carotide offre dei periodi molto pronunciati con altezza ora maggiore ed ora minore delle sue pulsazioni. I periodi diventano sempre più lunghi a misura che diminuisce la pressione del sangue.

CAPITOLO VIII.

Sui movimenti dei vasi sanguigni nell' orecchio del coniglio.

§ 1.

Nel 1854 M. Schiff [1] chiamò per la prima volta l'attenzione dei fisiologi sopra i movimenti che presentano i vasi sanguigni nell'orecchio del coniglio [2]. È noto a tutti che nel mezzo del padiglione dell'orecchio di questo animale scorre un'arteria la quale si dirige dalla base verso la sommità, e si ramifica in modo da formare due vene sul margine del padiglione stesso. Schiff osservò che quest'arteria presenta dei movimenti alterni di contrazione e di rilasciamento che non corrispondono alle sistoli e alle diastoli del cuore. Guardando per trasparenza l'orecchio del coniglio, si vede che di quando in quando l' arteria diminuisce di diametro fino a scomparire completamente, e che dopo ingrossa rapidamente e si dilata diffondendo il sangue nelle sue ramificazioni, per cui le vene esse pure inturgidiscono e diventano più grandi. Questa iperemia dell'orecchio dura alcuni secondi, e quindi l'arteria e le sue ramificazioni si restringono e scompaiono gradatamente, mentre le vene esse pure diventano mano mano più piccole. Schiff dopo aver osservato che questi movimenti si alternano con un certo ritmo, ripetendosi 5 o 6 volte al minuto, diede a questa arteria il nome di cuore accessorio.

Non è qui il luogo di aprire una discussione intorno ad un nome che attribuisce all' arteria dell'orecchio una funzione che forse non ha: però accettiamo il fatto quale venne dopo confermato da tutti; e cerchiamo se per mezzo di nuove osservazioni non riesce possibile di trovare una interpretazione di questo fenomeno, che lo avvicini e lo faccia confondere coi fenomeni precedentemente studiati nell'uomo; spogliandolo di quel carattere di eccezionalità con cui si erano fino ad ora presentati i movimenti dei vasi nell'orecchio del coniglio.

Nel ripetere le osservazioni dei miei predecessori volli mettere in opera delle precauzioni, che forse erano fino ad oggi sembrate superflue. Invece di osservare direttamente il coniglio tenendo l' orecchio fra le mani, dopo di aver messo l'animale sopra una tavola, pensai di evitargli ogni emozione, mettendomi in posizione di poter guardare le sue orecchie, senza che egli se ne accorgesse. A tale scopo feci costrurre una gabbia che chiudeva completamente il vano di una finestra senza che i conigli potessero vedere nella stanza.

Nella parete rivolta verso l' interno feci alcuni fori, in modo da guardare nella gabbia senza essere veduto. Con questo semplice artificio io potevo a mio piacimento sorprendere i conigli nella loro vita intima, e studiarli, mentre essi erano del tutto

[1] *Sur un cœur arteriel accessoire dans le lapin.* Comptes rendus. Vol. 39 pag. 508, 1854.

[2] Tralascio per brevità tutta la bibliografia che si riferisce a questo argomento e ricorderò solo, che dopo le classiche osservazioni fatte da Haller e da Spallanzani sui movimenti dei vasi sanguigni nel mesenterio, vennero constatati movimenti analoghi nei vasi della membrana interdigitale della rana, nelle arterie della torpedine, nella coda dell'anguilla, nelle vene che scorrono sulla membrana delle ali dei pipistrelli, e nelle branchie del proteo anguino.

tranquilli, senza l'ombra del sospetto che qualcuno potesse spiarli. Credo quasi inutile soggiungere che tale precauzione mi venne in mente dopo i fatti descritti nel precedente capitolo, da cui risultò che si producono dei mutamenti molto considerevoli nello stato dei vasi, per cause che erano passate fino ad ora quasi del tutto inosservate. Le osservazioni fatte con questo metodo corrisposero completamente alla mia aspettazione. Le contrazioni e le dilatazioni periodiche dei vasi nell'orecchio, cioè le sistoli e le diastoli del cuore accessorio, nella calma dell'animale cessano quasi completamente. L'arteria può rimanere per un tempo lunghissimo, spesso per ore, del tutto dilatata senza che si produca alcun stringimento; e ciò specialmente nella state quando gli animali si abbandonavano ad una profonda tranquillità; senza che mai potessi sorprenderli nel sonno. Lo stato assoluto di riposo non è però sempre accompagnato da una dilatazione dei vasi.

Nella medesima gabbia può succedere di osservare due animali di cui uno conserva per lungo tempo le orecchie pallide, mentre l'altro invece, in condizioni esterne del tutto identiche, mostra una forte dilatazione delle arterie.

In generale nelle mattinate fredde dell'autunno, o della primavera, le orecchie dei conigli sono più pallide che nel meriggio. Alcuni animali sono più facili alla dilatazione ed altri alla contrazione dei vasi auriculari. Io sceglievo di preferenza conigli giovani ed albini; ma anche nei conigli vecchi, o bigi, sono egualmente facili simili osservazioni.

Quando si studiano attentamente i movimenti dei vasi sanguigni in un coniglio assolutamente tranquillo, si può quasi sempre riconoscere che la causa della contrazione è dovuta ad un fatto psichico, o ad un agente esterno.

Spesso mentre l'animale ha le orecchie rosse e respira regolarmente, osservasi un mutamento nel ritmo della respirazione: l'animale solleva la testa e guarda intorno o fiuta, ed ecco succede una contrazione dei vasi, e l'orecchio diventa pallido. Dopo pochi secondi si dilatano nuovamente i vasi se tutto rimane tranquillo. Producendosi un rumore si ripete una contrazione. Un fischio, un grido, il suono delle campane di una chiesa vicina, l'abbaiare dei cani, un raggio di sole che penetra nella gabbia, tutto produce una contrazione, se l'animale è tranquillo e i vasi sono dilatati. In queste condizioni di riposo e di tranquillità può asserirsi, che lo stato dei vasi dell'orecchio, è l'immagine dello stato psichico dell'animale, e nulla passa in lui, o nel mondo esterno, senza che esso non reagisca coi suoi vasi.

Animali simili dotati di una grande sensibilità del sistema vasale si incontrano assai spesso; ed io ne ebbi parecchi che furono non solo per me, ma anche per molti dei miei amici uno spettacolo graditissimo pel modo squisito con cui essi reagivano ad ogni impressione esterna.

Altri conigli, senza che io ne sappia il perchè, presentano pressochè continuamente i vasi contratti, e le loro orecchie si conservano fredde ed anemiche: forse per la grande diffidenza che li tiene in uno stato continuo di apprensione. Questo contrasto si mostrò più che mai evidente tra il padre e la madre di 3 conigli; questi ultimi avevano una continua iperemia delle orecchie, e i loro vasi reagivano a tutti gli eccitamenti esterni: il padre e la madre conservavano costantemente anemiche le loro orecchie.

Dopo aver osservato ripetutamente questo fatto sopra un grande numero di conigli, io credo di poter stabilire che: *i movimenti dei vasi sanguigni nell'orecchio del coniglio sono in rapporto colle emozioni e collo stato psichico dell'animale.*

§ 2.

Il mutamento nello stato dei vasi non è il solo fatto con cui si rivelino nel coniglio i cambiamenti dello stato psichico; guardando attentamente un animale tranquillo si vede spesso che la contrazione dell'arteria è accompagnata da un cambiamento nel ritmo e nella profondità dei movimenti respiratorî. Questo fenomeno mi era divenuto così famigliare, che mi bastava di vedere il naso del coniglio per sapere quando producevasi una contrazione dei vasi nell'orecchio.

Dopo aver osservato che un animale per oltre mezz'ora, od anche per un solo quarto d'ora, non aveva presentato alcuna variazione nello stato dei vasi auricolari, aprivo la gabbia dalla parte superiore ed afferrato il coniglio per la pelle del dorso, o del collo lo mettevo sul tavolo. Osservato l'orecchio contro luce trovasi in questo primo istante quasi sempre pallido ed anemico; poco dopo l'arteria e le sue ramificazioni si dilatano. L'iperemia dell'orecchio è così grande che nel medesimo animale non mi parve maggiore, anche dopo il taglio del simpatico al collo. L'occhio stesso basta per convincersi che qui vi è un vero *sfiancamento dei vasi*, od *una sopradilatazione* come dissero i sigg. Dastre e Morat [1]. A questa grande iperemia dell'orecchio succede uno stato di pallore e quindi un altro arrossamento: e così alternando, in modo che il pallore e l'iperemia possono in alcuni casi comparire 10 volte al minuto, benchè in regola generale non si producano in queste condizioni che 4 o 5 variazioni.

L'animale, come può facilmente immaginarsi, essendo proverbiale la timidità del coniglio, trovasi in uno stato di apprensione. Il suo sguardo, l'atteggiamento, la respirazione e lo stato dei vasi nell'orecchio è mutato assai da quanto osservammo prima nello stat di quiete profonda.

Però ancora qui in molti animali, anzi nella maggior parte, riesce possibile di produrre una contrazione per eccitamenti. Mentre i vasi stanno dilatandosi, o si prevede che rimarranno ancora per parecchi secondi inturgiditi, basta di fare un rumore, di toccare l'animale, o di battere sul tavolo, per vedere che immediatamente l'orecchio impallidisce. Talora invece, e ciò in un numero affatto eccezionale di conigli, osservai che dopo forti emozioni manca la contrazione dei vasi per cause che avevano prima un'azione manifesta. In questi casi si ottiene una contrazione dei vasi

[1] *Recherches sur l'excitation du sympathique cervical.* Comptes rendus de la société de Biologie 1878. Il punto più importante di questo lavoro fatto col metodo grafico è quello di avere stabilito che un'eccitazione forte e prolungata produce una *sopradilatazione* dei vasi. Nel momento in cui si taglia il cordone cervicale del simpatico succede una contrazione passeggera dei piccoli vasi, che dura appena qualche secondo, quindi ne segue la dilatazione paralitica. I vasi paralizzati possono però dilatarsi di più dopo un corto periodo di costringimento, quando l'eccitamento elettrico è forte ed il nervo sensibile. Dastre e Morat dimostrarono che la *sopradilatazione* non è dovuta all'esistenza di nervi dilatatori nel cordone cervicale del simpatico, e che questo fenomeno è un effetto della fatica e dello spossamento dell'apparato terminale nervo-musculare.

per mezzo del dolore. Finalmente in alcuni rarissimi casi le arterie rimangono dilatate anche durante il dolore: i vasi hanno l'aspetto d'essere paralizzati.

Quando si osservano questi movimenti con attenzione, credo si possa senz'altro ammettere che la contrazione è di natura attiva, perchè nel momento in cui l'arteria si rimpiccolisce e diventa pallida, osservansi spesso nel decorso della medesima dei punti in cui il diametro è maggiore ed altri in cui è più piccolo. La stessa cosa ripetesi pure per le vene, che presentano talora qua e là degli stringimenti, ossia delle dilatazioni e delle strozzature che in poco tempo scompaiono. Una questione assai interessante era quella di studiare in che rapporto si trovassero questi movimenti dei vasi colle variazioni della pressione generale del sangue, e a cosa fosse dovuta la contrazione e la dilatazione dei medesimi vasi.

§ 3.

La dilatazione dell'arteria mediana nell'orecchio del coniglio è così grande, che si sente pulsare sotto le dita. Potendo percepire col semplice tatto, anche senza guardare l'orecchio, i movimenti dell'arteria, era naturale che sorgesse il desiderio di registrare in qualche modo queste variazioni locali del polso, e metterle in rapporto colle variazioni analoghe che possono registrarsi molto facilmente nella carotide del coniglio.

I primi tentativi fatti per mezzo di una leva molto leggera, che poggiava sull'arteria auricolare presso la base del padiglione e nella sua parte posteriore, riuscirono assai felicemente. L'animale era libero e solo la testa era tenuta fra le mani, mentre queste avevano un punto solido di appoggio.

Fig. 45.

Polso dell'arteria mediana nell'orecchio del coniglio con oscillazioni respiratorie

Il tracciato 45, che venne scritto con questo metodo, rappresenta il polso dell'arteria mediana nel momento in cui l'orecchio del coniglio è fortemente iperemico. Poco prima il polso dell'arteria era quasi scomparso, tanto s'era fatto piccolo; poi improvvisamente dove c'è il segno α, vediamo che l'orecchio è diventato più rosso; e che il polso batte più forte, e prende la forma che fu riprodotta fedelmente nella figura 45. Trascorsi circa 30 secondi dopo il segno α il polso diminuisce poco per volta e scompare, lasciando una linea leggermente ed irregolarmente sinuosa dove non è più riconoscibile alcuna traccia del ritmo cardiaco. Le oscillazioni del respiro sono molto evidenti, fig. 45; per eliminare il dubbio che queste dipendessero da movimenti della persona che teneva ferma la testa del coniglio, mi assicurai che le oscillazioni qui rappresentate corrispondevano realmente ai movimenti respiratorî del coniglio.

I tentativi che ho fatto in tre animali per scrivere contemporaneamente la pressione del sangue nella carotide e nell'orecchio, non approdarono ad alcun risultato

soddisfacente. Lo stesso animale che mi aveva dato le curve precedenti, messo sul tavolino di Czermak, conservò per altra mezz'ora l'orecchio tanto anemico, e la contrazione dei vasi fu tanto persistente, che non mi riuscì possibile di toglierne alcun tracciato.

Adoperai anche in altri conigli tutte le precauzioni per evitare il dolore badando specialmente, che non penetrasse alcuna gocciola di carbonato di soda nella ferita del collo, e che fosse rimossa ogni causa di eccitamento; ma con ciò la loro apprensione non cessava, e la dilatazione e il restringimento dei vasi non presentarono mai delle variazioni tali che si prestassero ad una registrazione. Credo che insistendo si riesca, ma la cosa non era per me di tanta importanza da perdervi maggior tempo.

Io mi limitai in questi animali a cercare i rapporti che esistevano tra i movimenti dei vasi nell' orecchio del coniglio, e la pressione nell'arteria carotide.

Queste osservazioni non erano nuove, perchè Lovén (¹) già prima di me le aveva fatte nello stesso modo. I miei risultati hanno però nella questione che ora trattiamo qualche interesse, perchè vennero fatte su animali non avvelenati col curaro. Un assistente scriveva sul tracciato della carotide lo stato dei vasi nell' orecchio che io gli dettava guardando il padiglione per trasparenza.

Dalle mie osservazioni risultò che i movimenti di rilasciamento e di contrazione nei vasi dell'orecchio, spesso non sono in alcun rapporto colle variazioni contemporanee della pressione nella carotide. Infatti mentre talora ad una contrazione dell'arteria auriculare risponde un aumento della pressione nella carotide, ed è questo il caso più frequente, non di rado osservasi una diminuzione della pressione nella carotide mentre l'arteria auriculare si dilata.

La dilatazione dell'arteria nel coniglio non è pure sempre accompagnata da una pressione minore del sangue nella carotide, come già aveva mostrato Lovén (²).

In questi casi siccome la forza del cuore non era aumentata, come vedevasi dai tracciati, non potevasi ammettere una dilatazione generale del sistema vasale; perciò era necessario di conchiudere, che mentre in una provincia si dilatavano i vasi, nell'altra dovevano restringersi per conservare l'equilibrio della pressione sanguigna.

Secondo questo concetto che fu già accennato da Lovén e da Sadler, sotto la direzione del Ludwig, noi dobbiamo immaginarsi il sistema dei vasi sanguigni in un continuo movimento. Queste alterne dilatazioni e contrazioni nell' albero arterioso e venoso riescono, controbilanciandosi, a conservare costante la pressione. Il manometro adunque non ci dà che un concetto ed una misura della risultante di questo continuo movimento dei vasi, e quando noi vogliamo avere un concetto più chiaro dei fenomeni che succedono nella circolazione di un organo del corpo, dobbiamo ricorrere alle misure pletismografiche: ossia alla determinazione dei cangiamenti di volume del medesimo.

(¹) *Ueber die Erweiterung von Arterien in Folge einer Nervenerregung.* Berichte d. K. Sächsischen Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig 1866 pag 85.

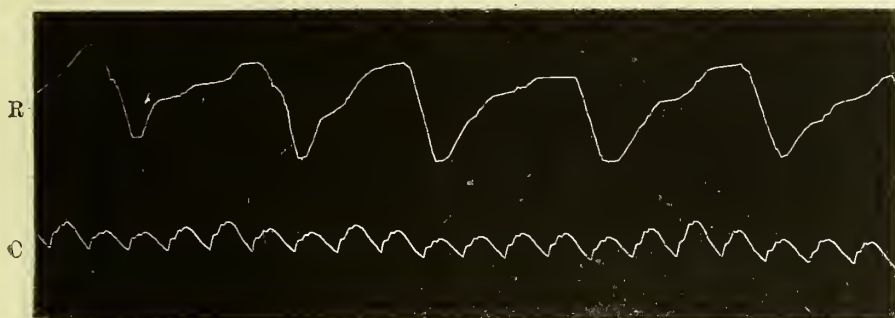
(²) Memoria citata, pag. 89.

CAPITOLO IX.

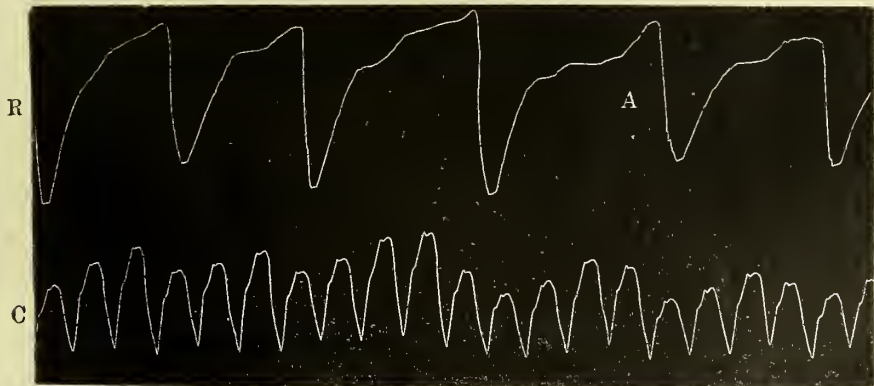
Influenza dei movimenti respiratorî sulla circolazione del sangue nel cervello e nei polmoni.

§ 1.

La respirazione regolare e leggera ha un' influenza così piccola sui movimenti del cervello, che quasi sfugge all'occhio. Solamente esaminando con attenzione la linea del tracciato 46, vedesi che in corrispondenza della inspirazione vi è una pulsazione più

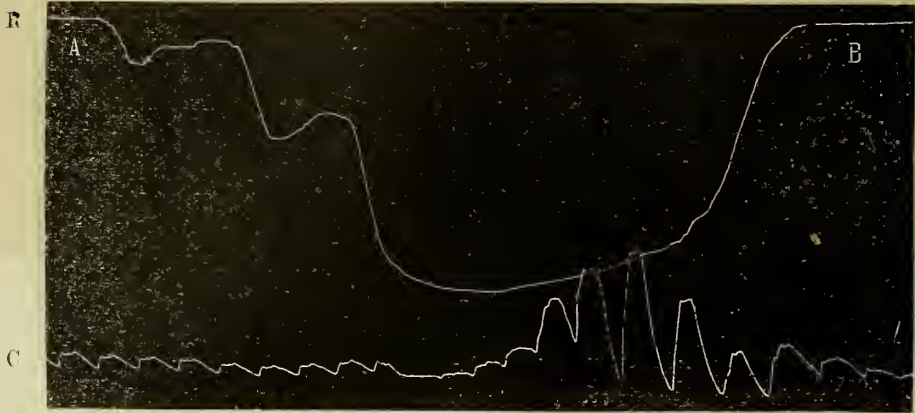
Fig. 46.

Bertino. — *Influenza della respirazione normale* R, *sul polso cerebrale* C.

bassa, quindi un leggero aumento nell'altezza delle pulsazioni durante l'espirazione successiva. Nel presente tracciato 46 la linea R rappresenta i movimenti del respiro scritti col pneumografo di Marey e la linea sottostante C il polso del cervello. Tanto in questa, quanto nelle seguenti figure la linea R discende nella inspirazione e si eleva nella espirazione successiva. Bertino era profondamente tranquillo. Poco dopo ad un segno dato egli si tura le narici premendo il naso colle dita e rimane un minuto senza respirare colla bocca chiusa. Esamineremo più tardi le successive trasformazioni che subiscono il polso e il volume del cervello per un simile arresto; per ora veniamo subito al tracciato della fig. 47 scritto 15″ dopo che si ristabilì la respirazione. In

Fig. 47.

Bertino. — *Influenza dei movimenti respiratorî* R *alquanto più forti dei normali sul polso del cervello* C.

questo frammento sono già cessate le forti inspirazioni che tengono dietro ad una sospensione del respiro: le pulsazioni esse pure incominciano a divenire più piccole. I movimenti della respirazione sono alquanto più frequenti e profondi che nello stato normale. In questo caso noi vediamo che ad ogni inspirazione corrisponde un abbassamento del tracciato ed una successiva elevazione nella espirazione. Quando però si prolunga alquanto la espirazione, come in A, già sul finire della medesima incomincia un abbassamento, che diventa più forte nella inspirazione seguente.

La modificazione del polso cerebrale è tanto maggiore, quanto più l'inspirazione è profonda come lo prova il seguente tracciato, fig. 48. L'esperienza venne fatta

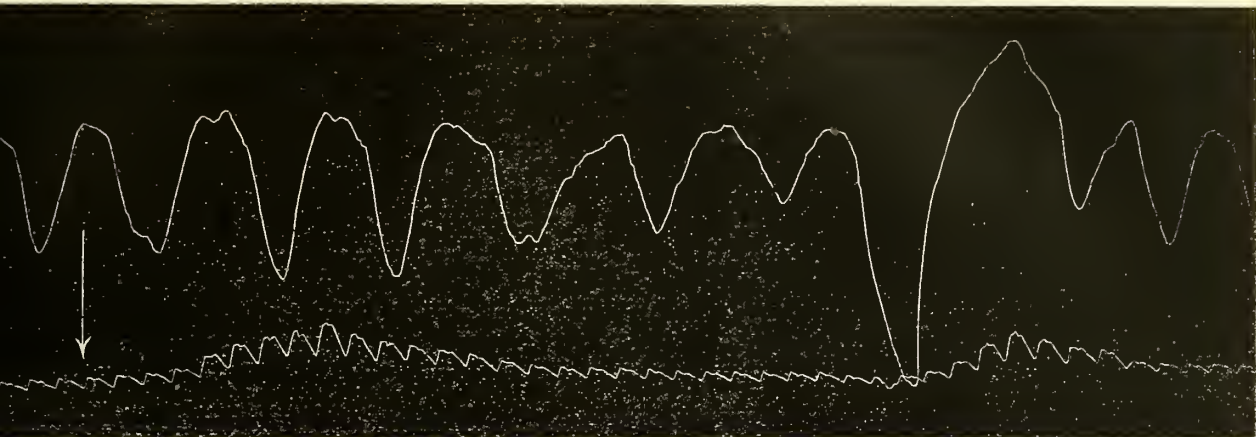
FIG. 48.

Bertino. — *Modificazioni del polso cerebrale C per un movimento di inspirazione ed espirazione che dura da A in B.*

mezz'ora prima delle precedenti. Mentre la respirazione procedeva tranquilla e col medesimo tipo indicato nella fig. 46 faccio segno in A a Bertino di eseguire una profonda inspirazione. Gli avevo già spiegato prima come egli dovesse dilatare e restringere lentamente il torace. Noi vediamo che le pulsazioni del cervello sono quasi scomparse sul fine dell'inspirazione e che diventano grandissime nel principio della espirazione. Dimostrerò fra poco come questa variazione del polso possa spiegarsi per mezzo delle variazioni che succedono nella circolazione polmonale, per cui il sangue accumulatosi nei polmoni durante l'inspirazione, viene rimesso in circolo colla espirazione successiva.

Nel capitolo intorno all'attività cerebrale, ho provato che l'aumento di volume del cervello per l'attività del pensiero non è dovuto ad una modificazione del respiro: ora ecco un altro esempio, dove si trovano successivamente due modificazioni del polso cerebrale, l'una dovuta all'attività cerebrale e l'altra ad una forte inspirazione, figura 49.

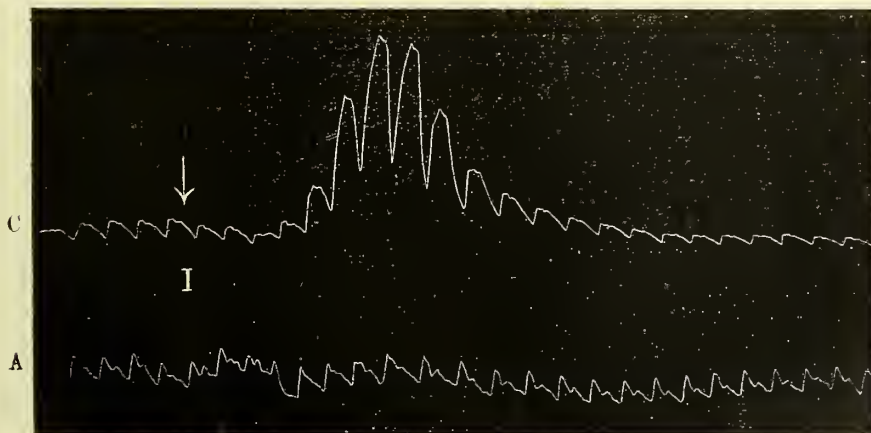
Nella prima parte del tracciato, che non ho riferito, i movimenti respiratorî sono regolari come quelli che stanno prima del segno ↓ nella fig. 49: e non presentano alcuna visibile influenza sulla curva del polso. Quando gli propongo di moltiplicare 6×45, la respirazione può dirsi che rimane costante nella sua forma e nel suo ritmo, ciò nulla meno il polso ed il volume del cervello aumentano. Se durante l'attività cerebrale, come capita in questo tracciato, Bertino eseguisce involontariamente una inspirazione più forte, il polso ed il volume del cervello aumentano ancora una

volta. Così viene confermato che l'aumento di volume del cervello nel lavoro della mente non dipende da una modificazione del respiro; e viceversa resta anche provato che l'aumento di volume del cervello nelle profonde inspirazioni non dipende dal lavoro della mente necessario per eseguirle. Infatti in questo caso Bertino era affatto

Fig. 49.

Bertino. — *Modificazione del polso e del volume cerebrale prodottasi durante un'operazione mentale ↓ ed una profonda inspirazione successa involontariamente.*

inconsapevole di quanto succedeva nel ritmo del suo respiro, come potei assicurarmene appena finita la moltiplicazione.

La differenza che passa tra la prima elevazione del cervello e questa seconda prodotta dalla respirazione, sta in ciò, che il primo aumento di volume del cervello corrispondeva ad una diminuzione di volume nell'antibraccio: mentre nell'espirazione l'aumento di volume esiste tanto pel cervello, quanto per l'antibraccio, come lo prova il tracciato seguente fig. 50:

Fig. 50.

Mutamento prodottosi nella circolazione del sangue nel cervello C *e nell'antibraccio* A *per un movimento respiratorio più forte dell'ordinario.*

Dopo aver detto a Bertino, circa un minuto prima, che quando gli farò cenno colla mano deve eseguire senza scomporsi una profonda inspirazione, e farvi seguire

una espirazione egualmente prolungata; faccio il segno ↓ sul cilindro che gira. Nel momento in cui le penne che scrivono il polso del cervello e dell'antibraccio sono giunte sopra questo segno, fo cenno a Bertino di eseguire la inspirazione più forte. Paragonando la linea C ed A della figura 50 vediamo che durante l'inspirazione vi fu una diminuzione nell'altezza del polso, tanto nell'antibraccio, quanto nel cervello; e che nell'espirazione si manifesta un aumento di volume in tutti due questi organi.

Un fenomeno che non sarà sfuggito all' attenzione di nessuno che abbia considerato i tracciati esposti fin qui, è l' elevatezza maggiore delle pulsazioni cerebrali messa in confronto con quelle dell'antibraccio. Per cause identiche le quali agiscono contemporaneamente su entrambi gli organi, si trova sempre che nel cervello è più forte la modificazione del polso. La spiegazione della differenza osservata nei fenomeni della circolazione sanguigna al braccio ed al cervello, parmi debba cercarsi nella maggior ricchezza in vasi sanguigni di quest' ultimo e forse nella maggiore cedevolezza che hanno le pareti dei vasi nel cervello.

§ 2.

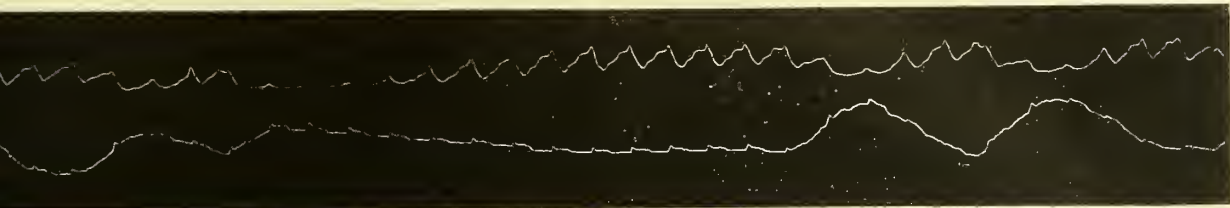
Avuta così una prima idea delle modificazioni che subisce il movimento del sangue nel cervello, per effetto dei movimenti respiratorî, cerchiamo ora di analizzare questi fenomeni. Mi duole di confessare fin da principio che la ricerca dei singoli momenti che entrano come fattori delle variazioni osservate è cosa abbastanza difficile, perchè fra i fisiologi che si occuparono in modo speciale di questo studio esistono delle gravi discrepanze. Per comprendere i fenomeni che noi abbiamo osservato nel cervello dell'uomo, è necessario di studiare anche in altre parti del corpo i mutamenti della circolazione prodotti dalla respirazione. Esaurita questa prima parte di indagini pletismografiche, sottoporremo ad una critica sperimentale i metodi, e le conclusioni di parecchi recenti lavori pubblicati su tale argomento.

Incominciamo frattanto dalle cause meccaniche, che sono le più semplici e vediamo come le variazioni della pressione nella cavità del torace e dell'addome possano modificare la circolazione del sangue nel cervello, nelle braccia, nelle gambe e nei polmoni.

Quanto alla circolazione venosa vi è poco da aggiungere e da levare a ciò che Haller scrisse nel suo celebre trattato di fisiologia: *Magni trunci venosi capitis, colli, pectoris, abdominis, brachii eiusmodi motu agitantur, in vivis animalibus, ut per expirationem sanguine aut retento, aut a corde refluo turgescant, per inspirationem remisso ad cor sanguine eadem depleantur: hinc per inspirationem recedente de cerebri magnis vasis sanguine, cerebrum subsidet, idemque eo sanguine per expirationem retento, et reduce intumescit et mole crescit* [1]. Tali fenomeni che Haller aveva constatato nei moti veementi della respirazione, si possono ora col sussidio del metodo grafico dimostrare anche nel respiro normale. Ecco infatti un tracciato scritto dalla giugulare di mia sorella per mezzo dei timpani coniugati di Marey fig. 51. Essa giaceva coricata nel suo letto e respirava tranquillamente. Un cardiografo di Marey applicato intorno al torace scriveva i movimenti del

[1] *Elementa physiologiae*. Tom. II. lib. VI. sect. IV. § IX.

respiro, linea R. Avverto che in questa osservazione mi servo del cardiografo e non più del pneumografo: per cui nella inspirazione la linea R si eleva. Noi vediamo che ad ogni inspirazione si abbassa il livello della vena giugulare, perchè il sangue scorre più facilmente verso la cavità del torace. Dopo le due inspirazioni normali che sono nel principio della fig. 51, dico a mia sorella di trattenere leggermente il

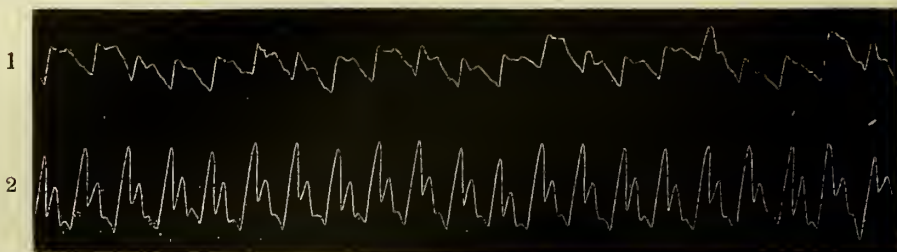
Fig. 51.

G *Polso negativo della vena giugulare scritto per mezzo dei timpani coniugati.* — R *Movimenti respiratori del torace scritti contemporaneamente col cardiografo di Marey. Nell' inspirazione la linea* R *si eleva.*

respiro. Essa si arresta sul fine della inspirazione. In questo momento scompare il polso dalla giugulare, e subito dopo ritorna e si rinforza nello svolgersi della lenta espirazione che vi tiene dietro. Non insisto per brevità sul significato che io dò al polso nelle vene giugulari, perchè ho già dimostrato in un altro lavoro come esso sia una forma negativa del polso delle arterie che escono dalla cavità del torace. La medesima depressione che osservasi nelle vene giugulari di mia sorella durante l' inspirazione osservasi pure nelle vene dell' antibraccio.

Nel dott. C. Tacconis scrivo il polso dell'antibraccio coll' idrosfigmografo servendomi di un manicotto elastico così largo che prima di fare l'esperienza dubitiamo che esso possa tener l'acqua nel cilindro. Prendiamo a tale scopo tutte le precauzioni necessarie perchè il nostro tentativo riesca. Cioè si spalma bene con grasso la pelle del braccio presso il gomito e quindi si aggiunge sul manicotto la compressione di una fascia elastica, per impedire che l' acqua esca sotto il medesimo, durante le manualità che sono indispensabili per cacciar l'aria dal cilindro, e riempirlo con acqua tiepida. Levata la fascia elastica ci accorgiamo che il polso scompare. Il dott. Tacconis era digiuno ed aveva un polso assai debole ; facciamo leggermente due giri colla fascia elastica sul manicotto ed il polso ricompare. Ripetendo queste osservazioni troviamo, che quando la pressione fatta sulle vene dell'antibraccio dal manicotto elastico è minima, ad ogni inspirazione succede una diminuzione del volume: ma se aumentiamo la pressione sulle vene, aggiungendo sul manicotto la legatura fatta con più giri di una fascia elastica e rendiamo più difficile lo sgorgo del sangue venoso, cessa l' influenza del respiro sul polso dell' antibraccio.

Così pure nel sig. Garzena, fig. 52, dopo aver osservato delle forti oscillazioni respiratorie nell'antibraccio, mentre la respirazione era tranquilla, linea 1, se faccio una pressione di 20 centimetri alla superficie di tutto il braccio, trovo che le oscillazioni respiratorie scompaiono e diventano quasi impercettibili, linea 2. Per produrre la pressione impianto un tubo di vetro del diametro di 25 millim. sull' apertura anteriore del cilindro dell' idrosfigmografo e riempio il tubo di acqua per

l'altezza di 20 centimetri, come venne già indicato nella mia Memoria, *Sulle variazioni locali del polso*, pag. 46. Appena cessa la pressione le oscillazioni respiratorie ricompaiono come prima. Dopo queste esperienze crediamo si possa ammettere una azione

Fig. 52.

Scomparsa delle oscillazioni respiratorie nell' antibraccio per effetto di un aumento della pressione alla superficie dello stesso antibraccio.

meccanica della respirazione sul volume dell'antibraccio, e ritenere che ad ogni inspirazione il sangue venoso scorra più facilmente verso la cavità del torace producendo una diminuzione nel volume dell'antibraccio.

§ 3.

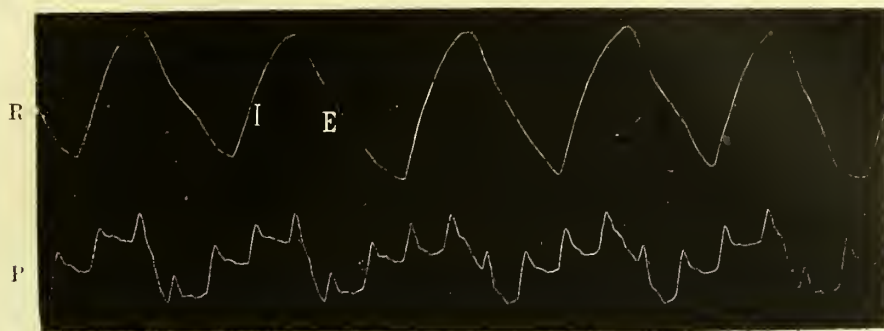
La cosa è affatto inversa quando si tratta delle estremità inferiori: qui vi è un aumento di volume nell'inspirazione ed una diminuzione nel principio della espirazione. L'opposizione fra i cambiamenti di volume nelle estremità superiori ed inferiori durante la respirazione può dimostrarsi facilmente per mezzo di uno stivale di latta che si riempie di acqua dopo avervi introdotto dentro la gamba come si vede nella fig. 53. L'apparecchio si chiude intorno al polpaccio della gamba con un grande anello elastico, o meglio con mastice da vetrai: così resta più facile fissare lateralmente un tubo di vetro B, del diametro di circa un centimetro in cui si osserveranno i movimenti dell'acqua che corrispondono al polso della gamba. L'apparecchio viene riempito di acqua dall' apertura C e la boccia D viene mossa per mezzo di una vite in modo da alzare ed abbassare come si desidera il livello dell'acqua nel tubo B.

Un timpano a leva di Marey E, messo in rapporto col tubo B scriverà i movimenti del polso ed i cambiamenti di volume nell' estremità

Fig. 53.

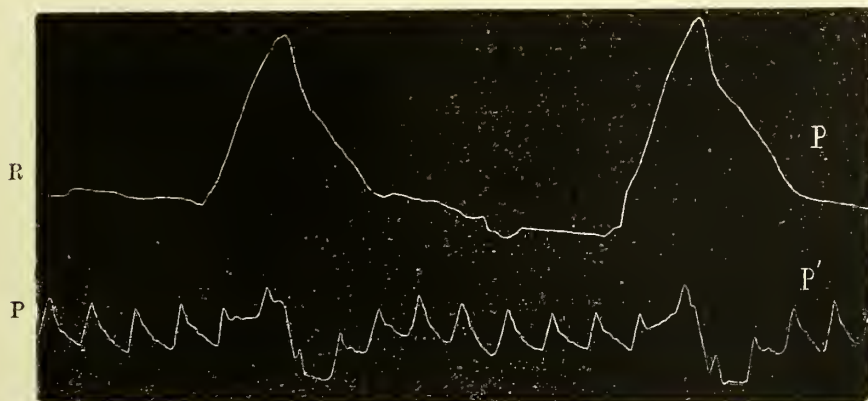
Idrosfigmografo per scrivere il polso della gamba.

inferiore. Il tracciato della fig. 54 venne scritto sopra il sig. Caudana, mentre stava seduto e si registrava contemporaneamente il respiro col cardiografo di Marey. La linea R si eleva nella inspirazione e scende nll'espirazione. Il fenomeno più caratteristico di questo tracciato è la rapida diminuzione di volume che corrisponde al

Fig. 54.

P *Cambiamenti di volume della gamba nella respirazione normale* R.

principio dell' espirazione. Subito dopo e mentre dura l' espirazione, ma particolarmente sul finire della medesima il volume della gamba ricomincia ad aumentare. Continua questo accrescimento durante tutta l' inspirazione; la curva raggiunge il suo punto più elevato sul finire della medesima: poi scende improvvisamente nel principio dell'espirazione.

Dico al sig. Caudana di fare dei movimenti respiratorî più profondi e meno frequenti. Persiste il medesimo fenomeno fig. 55. La gamba subisce una rapida diminuzione di volume nel momento in cui principia l'espirazione.

Fig. 55.

Influenza di movimenti respiratorî più forti del normale sul volume della gamba dell'uomo.

L'antagonismo fra i tracciati pletismografici della gamba e dell'antibraccio è dunque completo.

Per ragioni di brevità non credo opportuno di estendermi maggiormente sulle cause meccaniche dell'opposizione fra i tracciati pletismografici delle braccia e delle gambe. Già pensando che il diaframma si abbassa nell' inspirazione e che aumenta in conseguenza la pressione addominale, doveva naturalmente inferirsene un aumento

della pressione in tutto il sistema delle vene che sta sotto il diaframma. Questo è quanto venne confermato dalle osservazioni di molti fisiologi e recentemente dal prof. Luciani [1]: ma nessuno, per quanto io sappia, tenne calcolo dell' influenza che tale opposizione fra i fenomeni della circolazione venosa nella cavità del torace e dell'addome esercita sulla circolazione generale del sangue. Queste variazioni siccome agiscono in senso inverso, si elidono nei loro effetti: e dal loro antagonismo ne risulta che il cuore riceve una quantità di sangue venoso eguale tanto nella inspirazione quanto nella espirazione. Infatti nella inspirazione è particolarmente la parte del corpo superiore al diaframma, quella che dà il sangue venoso al cuore destro, e nella espirazione è invece il sistema delle vene addominali quello che vi reca il suo contributo.

§ 4.

Nelle esperienze pletismografiche ch' io pubblicai fino dal 1875 [2] in un capitolo, *Sui movimenti dei vasi sanguigni in rapporto colla respirazione*, avevo dimostrato come il volume dell'antibraccio potesse diminuire di circa 6 cent. cubici per effetto di una profonda inspirazione e di 8 a 10 per una serie successiva di profonde inspirazioni. Avendo continuato questo studio coll' indagare i mutamenti che si producono nella forma del polso e nel volume del cervello per effetto delle profonde inspirazioni, posso ora entrare in qualche maggiore particolarità sulle cause di tale fenomeno.

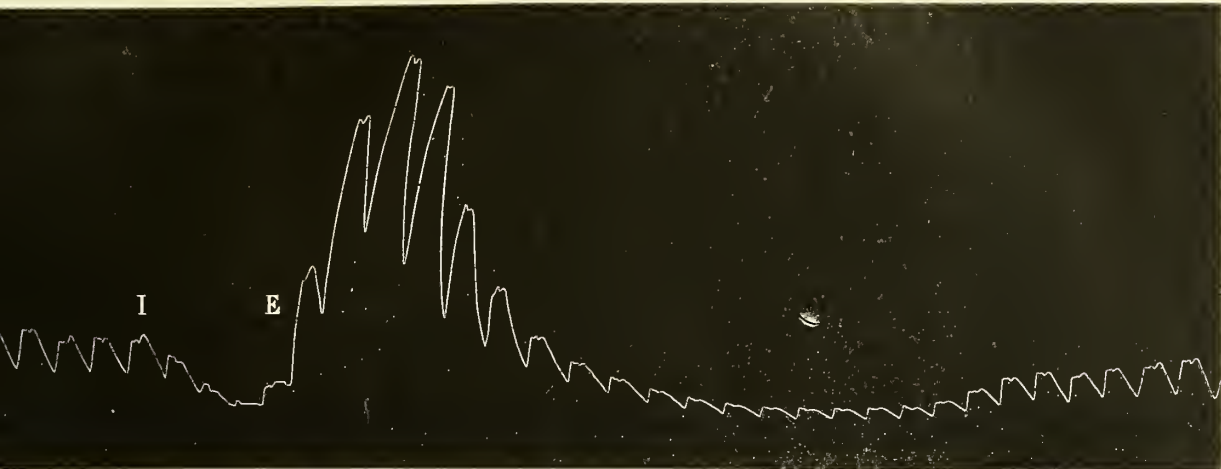
Nella tav. III. tracciato 20, la linea A rappresenta il polso nell'antibraccio del prof. Fileti, scritto coll'idrosfigmografo. Invece della boccia di compensazione E, vedi fig. 4, applico all'apertura anteriore L del cilindro A B il mio pletismografo, che funziona qui come apparecchio compensatore e come misuratore dei cambiamenti di volume dell' antibraccio scrivendo la linea V. In $\alpha \downarrow$ lo prego di fare una profonda inspirazione. La linea pletismografica V scende immediatamente. La diminuzione massima di volume segnata dal pletismografo fu di 8 centimetri cubici. Le penne che registravano contemporaneamente la linea A e V del tracciato 20 non si trovavano esattamente sulla medesima verticale, come lo indicano i punti di ritrovo PP. Nella linea A, malgrado la compensazione fatta dal pletismografo, si vede accennata la forte diminuzione di volume che subisce l' antibraccio per effetto della inspirazione profonda. Le oscillazioni respiratorie prima appena percettibili, sono divenute dopo α assai più manifeste. Il volume dell'antibraccio riacquista solo dopo circa un minuto il valore di prima.

Nel cervello un movimento inspiratorio egualmente profondo ha una influenza molto maggiore sulla forma del polso. Per non moltiplicare troppo gli esempî tralascio i tracciati che accennano ad una leggera anemia del cervello, quando si ripete una serie di inspirazioni più forti delle naturali, e presento un tracciato preso in Bertino, fig. 56, dove si vede che una sola inspirazione profonda basta per produrre una diminuzione notevolissima nell'altezza del polso.

[1] *Delle oscillazioni della pressione intratoracica e introaddominale.* Archivio delle scienze mediche 1877, fasc. 2° e 3°.

[2] *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo*, pag. 33.

Bertino era tranquillo ed immobile; il polso del cervello forte e tricuspidale. In I egli eseguisce ad un mio cenno una profonda e rapida inspirazione. Durante quest'atto il cervello diminuisce rapidamente di volume: le sistoli del cuore diventano più frequenti: il polso cerebrale scompare quasi completamente. Nell'inspirazione successiva E, il cervello si gonfia rapidamente: il polso è fortissimo, le sistoli del cuore sono meno

Fig. 56.

Bertino. — *Mutamento prodottosi nella circolazione del sangue nel cervello durante un profondo e rapido movimento respiratorio.*

frequenti che nello stato normale. Compiuta l'espirazione succede una seconda diminuzione del volume cerebrale più forte della prima. Il polso è piccolissimo. Nelle esperienze che feci sopra Bertino e Caterina X ho visto scomparire quasi completamente le pulsazioni del cervello facendo loro eseguire una serie di inspirazioni profonde.

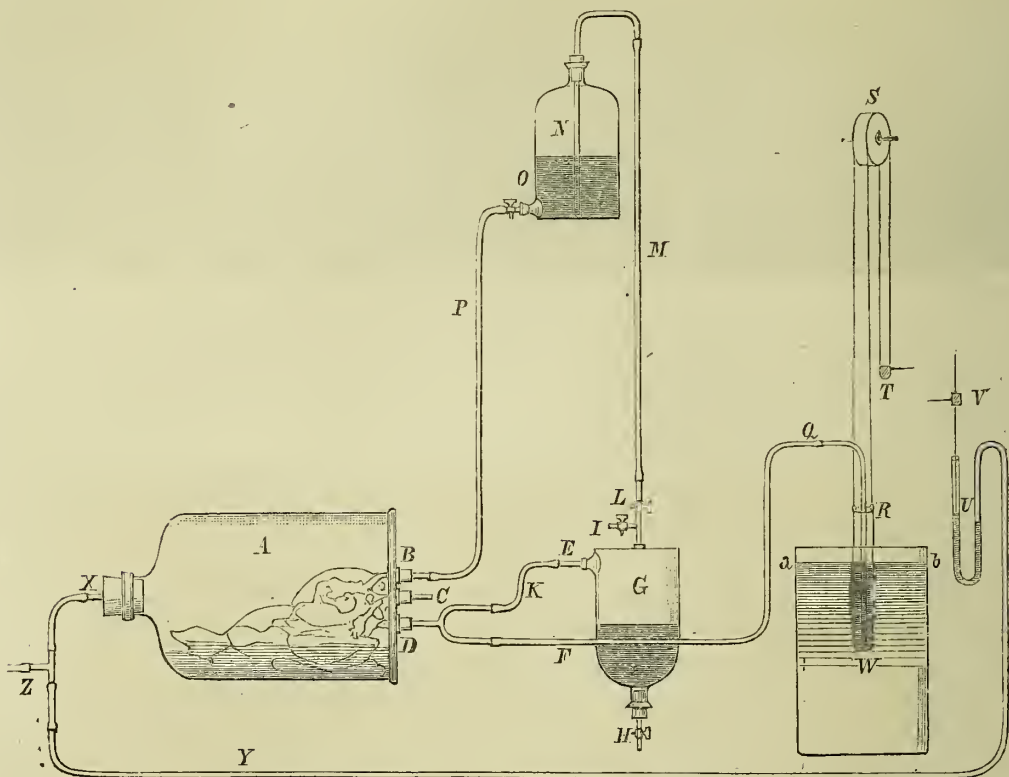
§ 5.

Prima che le mie osservazioni fatte sul cervello avessero dimostrato che ad ogni inspirazione esagerata tien dietro una diminuzione profonda del volume del cervello e conseguentemente un grado notevole di anemia di quest'organo, sapevasi già che molte persone non possono soffiare nel fuoco, per un certo tempo senza soffrire di vertigini; ed io potrei citare l'esempio di un mio conoscente che dopo due sole inspirazioni profonde sente un leggero capogiro. Si tratta ora di trovare il modo con cui si produce quest'anemia cerebrale.

A tale scopo esaminiamo prima i mutamenti che insorgono nella circolazione dei polmoni per effetto dei movimenti respiratorî. Nella mia Memoria, *Intorno ad un nuovo metodo* ecc. ecc. trattando in un capitolo *i movimenti dei vasi sanguigni in rapporto colla respirazione*, ho detto « ammesso come dimostrato che facendo artificialmente una profonda inspirazione si dilatino i capillari dei polmoni separati dal corpo e diventi più facile il passaggio del sangue a traverso del loro tessuto, io ritengo che il turgore dei vasi polmonari corrispondenti alla inspirazione non scompaia in modo completo nella espirazione successiva, ma che vi sia un residuo di sangue che tiene ingorgati i polmoni, il quale va lentamente disperdendosi a

misura che i vasi ripigliano gradatamente il volume di prima ». E quindi soggiungevo come io tenessi già in pronto il metodo per risolvere in modo definitivo tale questione. Questo metodo consiste nella determinazione grafica della differenza fra la quantità di sangue che entra e quella che esce dai polmoni estirpati durante i movimenti dell' inspirazione e dell'espirazione mentre il sangue circola a traverso i medesimi.

La parte più essenziale dell'apparecchio che mi servì per tali esperienze è una boccia G dove la pressione, fig. 57, deve rimanere costante. Appena estirpati i polmoni dall' animale dissanguato, vengono introdotti nel recipiente A e si stabilisce in essi la circolazione artificiale per mezzo della boccia di Mariotte N, ripiena di

Fig. 57.

Apparecchio per determinare la differenza fra la quantità di sangue che entra ed esce dai polmoni durante i movimenti respiratori.

sangue defibrinato. Tralascio la descrizione delle parti meno essenziali: e tutte le manualità che sarebbe inutile di ripetere a chi ha una qualche pratica di simili esperienze sulla circolazione artificiale dei polmoni, perchè esse vennero già trattate estesamente da parecchi autori, che avrò occasione di ricordare fra poco.

Dico solo che il coperchio di vetro smerigliato in cui passano ermeticamente le cannule B, C, D veniva applicato semplicemente con grasso sull'orlo della campana A; per fissarlo io mi servii di una fascia di gomma elastica larga 6 cent. colla quale

faceva più giri intorno al bordo della campana e del coperchio di vetro. Tale metodo di chiusura è molto più spiccio di quanti vennero adoperati prima: e basta per le pressioni positive, o negative necessarie in simili esperienze. Il sangue che esce dall'arteria polmonale giunto in D può passare per due grossi tubi di eguale lunghezza, cioè pel tubo F Q che conduce nel cilindro galleggiante del pletismografo e pel tubo K E che conduce nella boccia G. Le aperture D E si trovano entrambe nel medesimo piano del liquido *a b*, nel vaso W. Per brevità non ripeto la descrizione del mio pletismografo, nè del modo con cui esso scrive i movimenti di un liquido sotto pressione costante, rimandando il lettore alla Memoria che ho pubblicato in proposito ([1]).

Aggiungo solo per coloro i quali desiderassero ripetere queste esperienze sulla circolazione nei polmoni, che la boccia G è sostenuta da un supporto a vite per mettere facilmente l'apertura E nello stesso piano *a*, *b* del liquido nel vaso W. Questa condizione è raggiunta quando il sangue che riempie il tubo E K F Q rimane in equilibrio, ed il cilindretto galleggiante R, in cui è immersa l'estremità Q del tubo E K F Q si conserva immobile. Così disposto l'apparecchio se chiudiamo la chiavetta I che serve a far comunicare l'aria contenuta nella boccia G coll' atmosfera, ed apriamo la chiavetta L che va alla boccia di Mariotte N è chiaro che diminuendo per una ragione qualsiasi la pressione nella boccia G il sangue contenuto nel cilindretto galleggiante dovrà passare nella boccia medesima. Supponiamo ora che venga aperta la chiavetta O della boccia di Mariotte N per avviare la circolazione artificiale nei polmoni, si comprenderà che ad ogni quantità di sangue che esce dalla boccia N, deve entrare una quantità corrispondente di aria dalla boccia G nella boccia N.

Qui abbiamo tre casi possibili:

1° Afflusso ai polmoni eguale all' efflusso. In queste caso entrando tanto sangue nell'arteria polmonale, quanto ne esce dalla vena, questo viene a sostituire esattamente la quantità di aria che esce dal vaso G e va nel vaso N a prendere il posto del sangue penetrato nei polmoni. Il cilindretto galleggiante rimane immobile.

2° Afflusso ai polmoni maggiore dell' efflusso. Se (come vedremo succedere nella inspirazione) entra più sangue nei polmoni, di quanto ne esce dalla vena polmonare, tenderà a prodursi nel vaso G una pressione negativa. Il sangue venoso che penetra nel medesimo non bastando a colmare il vuoto, che si produce pel passaggio maggiore del sangue nei polmoni, si stabilisce un' aspirazione del sangue contenuto nel tubo F Q ed il cilindretto galleggiante cede tanto sangue alla boccia G quanto è necessario per mantenere in essa la pressione eguale a zero. La linea scritta dalla penna T indica il valore della quantità di sangue che rimane accumulata nei polmoni.

3° Efflusso dai polmoni maggiore dell'afflusso: (questo vedremo essere il caso dell'espirazione). Se dai polmoni esce una quantità maggiore di sangue di quanto ne penetri nello stesso tempo dall' arteria polmonare, il sangue giunto in D trova

([1]) *Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell'uomo.* R. Accademia delle scienze di Torino. Novembre 1875.

dinnanzi aperte due vie egualmente larghe e con eguali resistenze nei tubi. Però all'una estremità di questa biforcazione vi è il pletismografo, dove la pressione rimane sempre uguale a zero, dall'altra vi è la boccia chiusa, dove il sangue per entrare dovrebbe comprimere l'aria. È naturale che in questo caso il sangue eccedente si verserà tutto nel cilindretto del pletismografo; e la curva scritta dalla penna T sul cilindro rotante ci indica anche la velocità con cui si effettua questo efflusso del sangue venoso.

La dilatazione dei polmoni viene eseguita come al solito con due boccie che hanno una apertura presso il fondo e che vengono disposte a differente altezza (vedi fig. 62). L'acqua contenuta nella boccia superiore passando nella sottostante per mezzo di un tubo di gomma, produce una rarefazione dell'aria per mezzo del tubo Z X nel recipiente A. Il valore della pressione negativa è scritto sul cilindro rotante per mezzo di un manometro a mercurio V U, che sta in comunicazione col tubo Y Z. Mentre i polmoni si dilatano l'aria penetra liberamente nei bronchi per mezzo della cannula tracheale C che comunica coll'esterno.

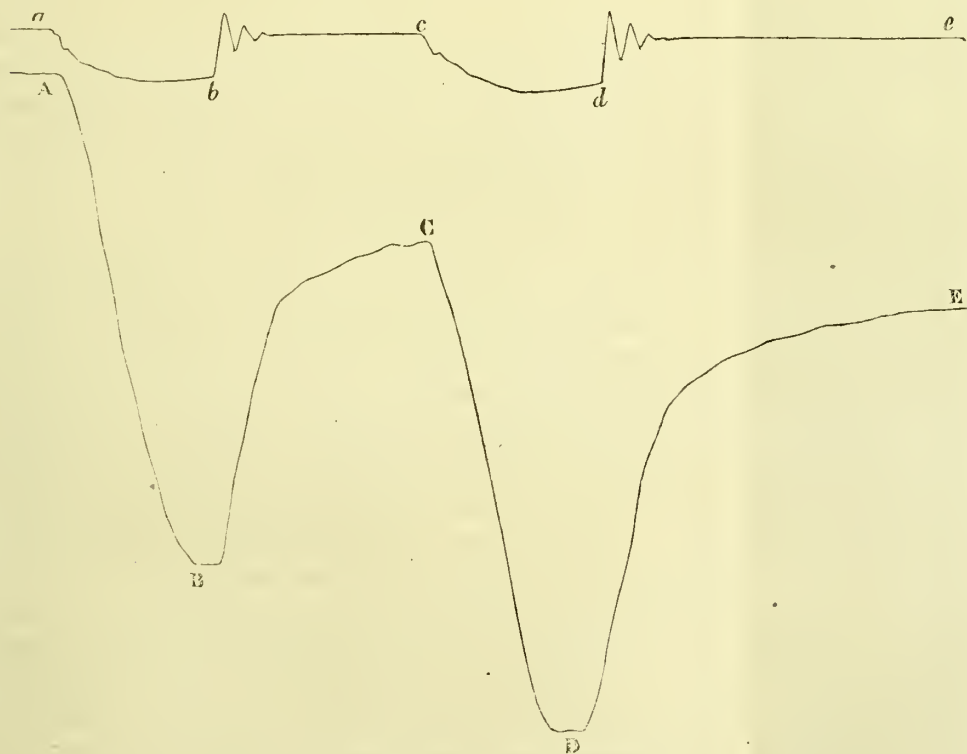
§ 6.

Ora ecco per sommi capi il decorso di una esperienza.

Uccido un grosso cane per avere tanto sangue quanto è necessario per riempire la boccia di Mariotte e mettere in ordine l'apparecchio. Prendo quindi un altro cane di media grandezza, lo dissanguo e gli estirpo i polmoni, che chiudo subito nel vaso A. Stabilite le comunicazioni B e D, apro la chiavetta O. La pressione sotto cui penetra il sangue nei polmoni è di 50 cent. Aspetto più di un minuto finchè sia bene avviata la circolazione artificiale: poi faccio in *a*, fig. 58, una pressione negativa nella campana dove sono chiusi i polmoni, che viene segnata dal manometro a mercurio, linea *a b* della figura 58. Nell'istante in cui i polmoni si dilatano la penna del pletismografo discende e scrive la linea A B e ciò perchè il cilindretto galleggiante R della fig. 57 si svuota ed il sangue contenuto in esso passa nel vaso G per prendere il posto della quantità di sangue che, dopo essere penetrata nei polmoni durante l'inspirazione *a b*, non ne è più uscita. — La linea A B segna dunque la quantità di sangue che si è accumulata nei polmoni; e siccome il cilindretto R è calibrato esattamente; misurando l'altezza A B, sappiamo che nei polmoni sul fine dell'inspirazione si trova una quantità di sangue eguale a 42 centim. cubici in più.

Succede l'espirazione, linea *b c* fig. 58, i polmoni cadono in colasso perchè si apre il tubo Z: la pressione nell'interno della cassa diventa eguale a zero. Il sangue non esce dai polmoni colla stessa velocità con cui si era accumulato nei medesimi. Si vede che lo sgorgo prima è rapido, e poi la curva si piega e tende a divenire orizzontale, in C rimangono ancora circa 15 cent. cub. di sangue nei polmoni. Succede un'altra inspirazione *c d* uguale alla prima, e si accumulano nuovamente 42 cent. cub. di sangue nei polmoni, linea C D. Nell'espirazione *d e* si osserva nuovamente che i polmoni non si liberano immediatamente di tutto il sangue che è penetrato in eccedenza. — Anche se prolunghiamo l'espirazione, rimane in E un residuo di 16 cent. cub. di sangue, di cui i vasi non si sono ancora liberati. Questa esperienza ci dimostra, che succede nei polmoni, ciò che tutti conoscono per la pelle

delle estremità e per tutte le parti del corpo; che cioè dilatando i vasi sanguigni con una pressione negativa, essi si ingorgano: e che cessata l'aspirazione, non ritornano immediatamente allo stato di prima; ma impiegano un certo tempo per sgorgarsi. Anche volendo ammettere che nei polmoni estirpati l'accumulo del sangue possa essere maggiore che nei medesimi organi dell'animale vivente, resta ciò nullameno dimostrato il fatto che nelle inspirazioni esagerate si ferma una certa quantità di sangue nei polmoni, che non passa subito colla espirazione successiva nel circolo generale, ma vi ritorna con un certo ritardo. Fu appunto per evitare la complicanza del rapido mutamento nell' elasticità dei vasi che io misi in opera tutte le precauzioni per eseguire quest'esperienza nel minor tempo possibile, dopo la morte dell'animale, e mi feci obbligo di ripetere solo pochi esperimenti nel medesimo polmone.

Fig. 58.

Determinazione della quantità di sangue che si accumula nei polmoni durante l'inspirazione.

Constatato questo primo fatto di un accumularsi del sangue durante l' inspirazione, mi accinsi a misurare col medesimo apparecchio le modificazioni che subisce il circolo polmonare per effetto della respirazione artificiale, soffiando aria nella trachea. Giacchè era inutile in questa esperienza di chiudere i polmoni nel recipiente A, fig. 57; per guadagnar tempo ho preferito di aprire largamente il torace, di mettere una cannula nel ventricolo destro ed un' altra nell'orecchietta sinistra e di stabilire subito la circolazione artificiale. Io aveva, come nell' esperienza precedente, ucciso prima un grosso cane: riempito di sangue la boccia di Mariotte, e messo in ordine l' apparecchio registratore, perchè tutto funzionasse senza ritardo.

Fig. 59.

Determinazione dell'influenza che la respirazione artificiale fatta aumentando la pressione dell'aria nei bronchi esercita sulla circolazione sanguigna dei polmoni.

L'esperienza che presento venne fatta sopra un cane di media grandezza, mentre il torace è largamente aperto e i polmoni rimangono in posto. La pressione dell'aria nella trachea si aumentò soffiando semplicemente colla bocca mentre un manometro a mercurio ne segnava il valore sul cilindro rotante. La pressione del sangue era di 40 cent. La fig. 59 ci indica che coll' insufflazione dell' aria nella trachea si caccia via sangue dai polmoni: e che appena cessa la pressione nei bronchi i vasi ritornano a dilatarsi. Si noti anzi tutto che le due linee non sono esattamente sovrapposte, come lo indicano i punti di ritrovo P. P. Nell'istante successivo all'aumento della pressione nei bronchi, segnato dalla elevazione della linea manometrica A′, vediamo che la linea pletismografica A B si solleva gradatamente; ciò vuol dire che esce più sangue dai polmoni, di quanto ne penetri dalla boccia di Mariotte. La parte eccedente si versa nel cilindretto galleggiante R, fig. 57, che vedesi affondare. È interessante il fatto che nell' espirazione successiva B′ C′ la capacità dei vasi polmonali diventa più grande di prima: per cui non ritorna solo nei polmoni la quantità di sangue che venne prima cacciata, ma se ne accumula una quantità maggiore. Infatti il punto C è inferiore al punto A. La prima supposizione che viene in mente è che si tratti qui di un semplice cambiamento di tono nei vasi; preferisco però di lasciare in sospeso il mio giudizio su tale questione fino a che abbia ultimate altre esperienze in riguardo.

Si ripete una seconda insufflazione e succedono gli stessi fenomeni: nella seconda espirazione D P, che nella fig. 60 non potè venire rappresentata intera, trovasi che la quantità di sangue passato nei polmoni è maggiore di B C.

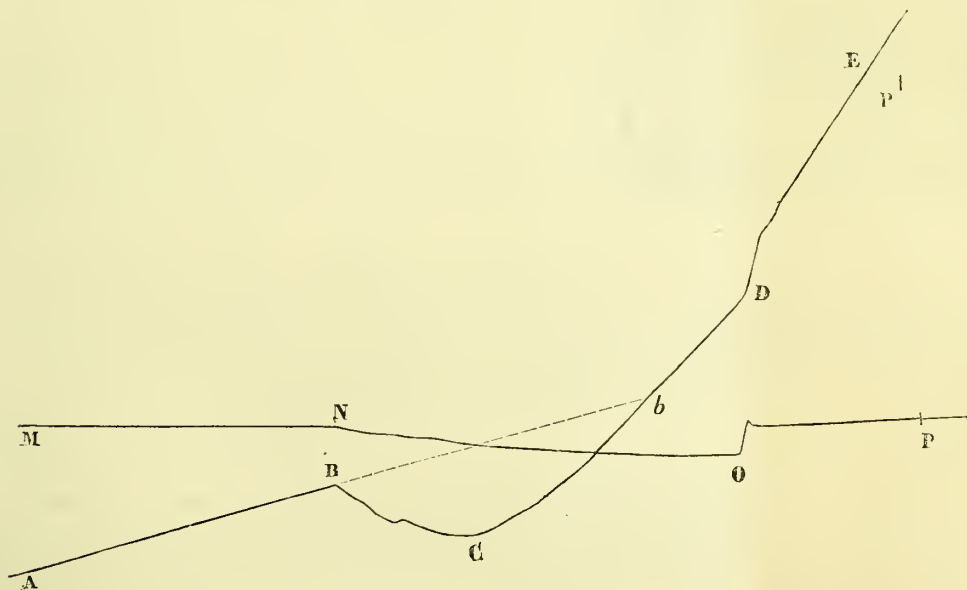
L'opposizione nella quantità del sangue residuo nei polmoni durante l' inspirazione naturale e l'artificiale è completa; noi abbiamo infatti trovato che dilatando i polmoni con una pressione negativa alla loro superficie pleurale si accumula in essi del sangue, mentre dilatandoli con una pressione maggiore dell'aria nella trachea e nei bronchi, diminuisce la quantità del sangue contenuto nei medesimi.

§ 7.

Fino a questo punto abbiamo tenuto calcolo della differenza fra la quantità di sangue che penetra ed esce dai polmoni: la velocità maggiore o minore con cui il

sangue circola nelle differenti fasi della respirazione non venne presa in considerazione. Nel nostro apparecchio questa velocità poteva solo giudicarsi ad occhio vedendo il deflusso più o meno rapido del sangue nella boccia della pressione costante G. È necessario che noi facciamo alcune esperienze grafiche in proposito.

Nella circolazione dei polmoni, durante una inspirazione fatta colla pressione negativa nella cavità pleurale, noi dobbiamo distinguere tre parti del sistema vasale che possono essersi dilatate, cioè le vene, i capillari e le arterie. Questa dilatazione venne colmata in due modi: 1° coll'afflusso più grande di sangue arterioso dalla boccia di Mariotte ; 2° col reflusso di sangue dalla vena polmonale. Siccome tutti e due questi fatti hanno prodotto un vuoto nella boccia a pressione costante, così per conoscere il valore del primo, cioè dell' efflusso maggiore del sangue arterioso, basta di misurare il reflusso venoso. Questa determinazione venne fatta lasciando che il sangue della vena polmonale passasse unicamente nel cilindretto galleggiante R del pletismografo. Tale disposizione dell'apparecchio permette di conservare costante ed eguale a zero la pressione del sangue nella vena polmonale ; avendo però il vantaggio di misurare e di scrivere il reflusso del sangue verso i polmoni nel momento in cui questi si dilatano per una pressione negativa alla loro superficie.

Fig. 60.

La linea A B C b D E *rappresenta la velocità con cui nella circolazione artificiale esce il sangue della vena polmonale durante un movimento inspiratorio segnato dalla linea manometrica* M N O P.

La linea A B C *b* D E, fig. 60, rappresenta il decorso di una esperienza. Ogni centimetro sulle ordinate corrisponde a poco più di 2 cent. cubici di sangue. La curva riprodotta si svolse in 30 secondi. Il tratto A B indica la velocità con cui esce il sangue mentre il polmone è in collasso. In B faccio una inspirazione. La linea M N O P venne scritta contemporaneamente dal manometro a mercurio. Immediatamente succede un reflusso del sangue verso i polmoni, ed escono dal cilindretto galleggiante circa

5 cent. cubici di sangue. La linea dopo aver raggiunto in C il suo massimo declivio, risale con velocità maggiore di prima. Infatti se prolunghiamo la linea A B essa incontra in *b* la linea C D: ciò vuol dire che il passaggio del sangue a traverso i polmoni è più abbondante nella inspirazione. Nel momento dell' espirazione O producesi un rapido aumento dovuto allo sgorgo delle vene, e dopo continua il deflusso meno forte, ma più rapido di prima, probabilmente perchè il polmone va successivamente liberandosi della quantità di sangue accumulato nei capillari. I punti di ritrovo P P segnano la disposizione delle penne.

Il' meccanismo della circolazione non è però così semplice come venne esposto fin qui. Le esperienze fatte colla circolazione artificiale servendosi di una boccia di Mariotte mentre i polmoni sono chiusi in un vaso che rappresenta la cavità del torace, non imitano esattamente il fenomeno della circolazione dei polmoni nei suoi rapporti naturali, perchè la vena polmonale non sbocca nell' interno della cavità toracica artificiale, ed il sangue venoso esce sotto la pressione atmosferica ordinaria.

Dimostrerò nel seguente capitolo come ad una tale obbiezione siasi data troppa importanza, perchè la pressione negativa che si produce nella cavità dei polmoni nella respirazione naturale è del tutto trascurabile, se sono libere le vie del respiro. Perchè sia più convincente la critica di questa obbiezione, esporrò nel seguente capitolo i risultati delle esperienze che ho fatto sulla circolazione dei polmoni quando il sangue venoso si versa direttamente nella cavità artificiale del torace. E noi vedremo che imitando scrupolosamente tutte le condizioni normali vi è pur sempre un passaggio più facile del sangue a traverso i polmoni nell'atto inspiratorio, fatto per mezzo di una pressione negativa alla superficie delle pleure, anche se il sangue venoso giunge nell'orecchietta del cuore sinistro sotto una pressione negativa corrispondente.

CAPITOLO X.

Critica sperimentale delle ricerche fatte sulla circolazione nei polmoni da Quincke e Pfeiffer, da Funke e Latschenberger da Bowditch e Garland.

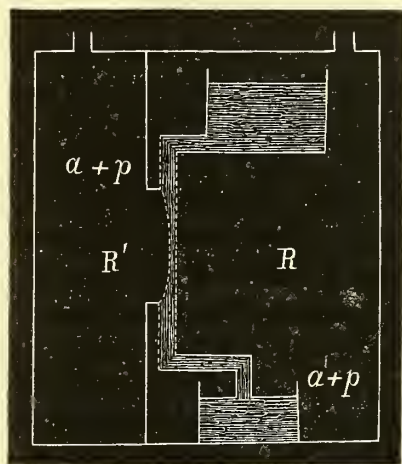
§ 1.

Quincke e Pfeiffer (¹) stabilirono per mezzo di esperienze eseguite colla circolazione artificiale nei polmoni estirpati « che vi è un'influenza del tutto opposta sulla circo-
« lazione del sangue quando i polmoni vengono dilatati per una pressione negativa
« dal lato della pleura, o per una pressione positiva nei bronchi; nel primo caso la
« dilatazione favorisce la circolazione, nel secondo caso la rende più difficile ».
Ciò è quanto venne da noi confermato sul fine del precedente capitolo. Quincke e Pfeiffer cercando di applicare questi fatti allo studio della circolazione nelle condizioni naturali fanno il seguente ragionamento. « Nel corpo la dilatazione dei polmoni
« è prodotta dalla diminuzione di pressione nella cavità della pleura, mentre la pres-
« sione nella trachea e nei bronchi durante l'inspirazione e l'espirazione rimane

(¹) *Ueber den Blutstrom in den Lungen.* Archiv für Anatomie und Physiologie. 1871 pag. 98.

« pressochè costante; contemporaneamente e nella stessa misura che diminuisce la « pressione nella pleura diminuisce anche quella cui sono sottoposti la superficie esterna « del cuore, e i grossi vasi polmonali: se il cuore destro, come noi vogliamo supporre, « nell'inspirazione e nella espirazione lavora colla medesima energia, la pressione che « esiste nei rami dell'arteria, e della vena polmonale, riferita alla pressione atmo- « sferica, nella inspirazione sarà minore che nella espirazione completa. Quella parte « del sistema dei vasi polmonali che non è sottoposta alla pressione atmosferica sarà « perciò meno distesa nell'inspirazione che nell'espirazione ».

Per rappresentare schematicamente questa disposizione dei vasi polmonali e del cuore nella cavità toracica in rapporto colla pressione atmosferica, essi imaginano che la linea punteggiata della figura 61 rappresenti un tubo in cui circola un liquido. Il tubo scorre libero nello spazio R e chiude ermeticamente con una parte della sua periferia uno spazio analogo vicino R'.

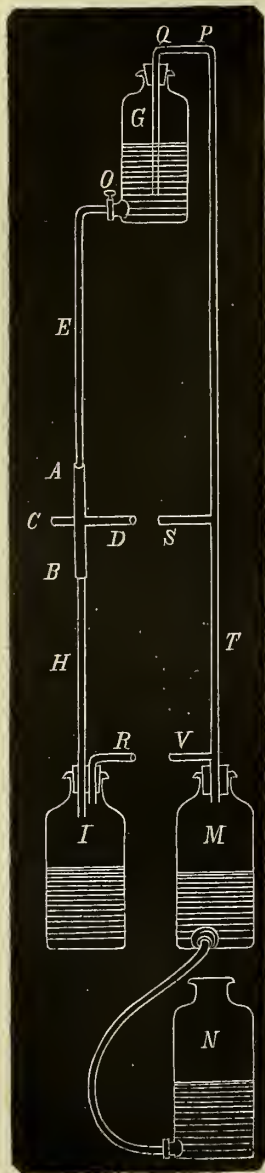
Fig. 61.

Gli spazî R R' rappresentano due cavità chiuse che comunicano coll'esterno solo per mezzo delle aperture superiori. Il vaso della pressione, e quello inferiore dove si raccoglie il liquido che circola nel tubo elastico, si trovano nel medesimo spazio R che rappresenta la cavità del torace in cui sono chiusi i polmoni ed il cuore. In base a questo schema essi ammettono adunque essere indifferente per la velocità con cui passa il liquido dal vaso superiore nell'inferiore a traverso il tubo elastico, tanto se diventi maggiore di a la pressione nel recipiente di sinistra; quanto se diminuisca di una quantità uguale a in quello di destra [1] e ne inferiscono che nella respirazione naturale debbano osservarsi nella circolazione dei polmoni gli stessi fenomeni che si osservano per la respirazione artificiale: quando cioè la pressione dell'aria nella trachea e nei bronchi viene aumentata con un soffietto. Parendomi che simili conclusioni mancassero di una base sicura, e ritenendo pericolosa l'induzione fatta in questo modo sopra una ipotesi non provata sperimentalmente, volli costrurre un apparecchio che corrispondesse allo schema di Quincke e Pfeiffer: e mi accinsi a fare l'esperienza che essi avevano solo ideato.

La cosa non fu difficile. La parte essenziale dell'apparecchio, la sola che richiede un po' di attenzione è il tubo elastico che si trova posto fra i due recipienti nei quali deve variare a piacimento la pressione dell'aria atmosferica. Per costrurre questo pezzo dell'apparecchio ho preso un tubo di ottone A B, fig .62, del diametro di 13 millimetri e lungo 100. Lo tagliai per lungo nel suo mezzo, su ciascuna metà si fece un foro e vi si innestò un tubo di ottone C e D lungo circa 4 centimetri. Le due metà

[1] Bei dieser Anordnung wird man in Bezug auf den Blutstrom durch das elastische Rohr genau dieselben Veränderungen erreichen, ob man in dem rechts gelegenen Raum den Druck unter den der Athmosphäre erniedrigt ecc. oder ob man ihn statt dessen im linken Raum um ebensoviel erhöht. Memoria citata (pag. 101).

vennero quindi lavorate sulla piattaforma in modo che i loro bordi longitudinali combaciassero esattamente. Tagliai da un foglio di gomma elastica sottile due pezzi lunghi circa 100 mm. e larghi circa 15. Sovrapposi le due membrane e le chiusi distese fra le due metà del tubo di ottone. Un filo metallico, che strinsi con molti

giri intorno al tubo di ottone in tutta la lunghezza, comprimeva le due metà del tubo contro i due fogli di gomma posti diametralmente nel suo interno.

Fig. 62.

Questi due foglietti di gomma rappresentano le pareti elastiche del tubo che trovasi fra le due camere dell' apparecchio di Quincke e Pfeiffer. Per prolungare il tubo elastico con altri due tubi rigidi, che mettano in comunicazione il vaso superiore coll'inferiore, presi due tubi di vetro che avessero il diametro di 11 centimetri, li resi alquanto conici tirandoli leggermente sulla lampada e quindi li introdussi fra le due membrane elastiche. Lo spessore delle membrane essendo di circa 1 millimetro questi tubi di vetro chiudevano esattamente l'imboccatura del tubo di ottone. Per essere meglio sicuro che l'acqua circolasse fra le due membrane senza uscirne al di fuori nel punto di combaciamento dei due foglietti, vi feci un colletto di cera lacca e passai su tutto il tubo uno strato di vernice densa. L'apparecchio chiudeva ermeticamente tanto all'interno quanto nelle due camere laterali C D.

La figura 62 mostra la disposizione delle altre parti dell' apparato. Presso il tubo A applicai un manometro a mercurio e il tubo di vetro E O si continua fino sul fondo della boccia di Mariotte, che si può chiudere per mezzo di una chiavetta O la cui apertura interna è uguale per diametro al tubo E. Dalla parte B continuai il tubo H sino dentro la boccia I, che ha un tappo a due aperture: dalla seconda di queste esce il tubo R. Per ripetere l'esperienza di Quincke e Pfeiffer colla pressione $a + p$ come è indicato nella parte sinistra della figura 61 basta questa parte dell' apparecchio. Ma per fare una pressione negativa $a - p$ come è segnato nella parte destra della figura di Quincke e Pfeiffer, ho dovuto aggiungere una seconda parte a questo apparecchio per mettere contemporaneamente il vaso di Mariotte, una parte del tubo elastico e il vaso I dove si raccoglie il liquido, sotto la pressione $a - p$. La cosa, come si vede dalla figura, riesce facilmente mettendo le aperture Q D R in comunicazione con un tubo di vetro P S V nel quale si fa una pressione negativa per mezzo delle due boccie M ed N. Ad ogni esperienza riempio la boccia di Mariotte G fino ad una linea che le ho fatto nel collo col diamante. La capacità di questa boccia è di 930 cc. Per mezzo di un orologio che segna i trecentesimi di minuto primo, e che parte e si arresta colla semplice pressione di un bottone, misuro il tempo che

impiega a svotarsi la boccia fino a che passi la prima bolla d'aria nella chiavetta O. La lunghezza del tubo da O in C D è di 35 centimetri.

§ 2.

Sottoponendo alla prova sperimentale il ragionamento aprioristico di Quincke e Pfeiffer ottengo i risultati contenuti nelle seguenti tabelle.

Nella prima colonna sotto la denominazione di *normale* trovasi indicato in minuti e trecentesimi di minuto il tempo che impiega la boccia F a svotarsi mentre le aperture P C D R erano aperte: in altre parole mentre tutto l'apparecchio trovasi sotto la pressione atmosferica. Nella seconda colonna col titolo $a + p$ è indicato il tempo che impiega la boccia G a svotarsi mentre l'aria che sta nella camera C alla superficie di una parete del tubo elastico trovasi compressa da una colonna d'acqua alta 23 centimetri. Per ottenere questa pressione $a + p = 23$ centim. basta di applicare le boccie M N all'apertura C e di sollevare la boccia N finchè il livello del liquido nella medesima sia di 23 centimetri più alto che quello di M. L'apertura D è in comunicazione coll' aria atmosferica. Nell' ultima colonna $a - p$, tutto il sistema trovasi sotto la pressione negativa di — 23 centimetri. Cioè le boccie M N vennero messe in rapporto col tubo R e per mezzo della rimanente comunicazione colle aperture D e Q. La differenza di livello del liquido in M ed N è pure di 23 centimetri essendo la boccia N l'inferiore. L'apertura C comunica liberamente coll'aria atmosferica.

La parte A della tavola seguente racchiude i risultati di una serie di esperienze fatte con due membrane elastiche alquanto resistenti e dello spessore di circa 1 millimetro. Nella seconda serie B mi servii dello stesso apparecchio mettendo nel tubo due membrane più sottili e più estensibili.

A			B		
Normale	$a + p$	$a - p$	Normale	$a + p$	$a - p$
0,275	1,080	1,260	1,025	1,165	2,004
0,277	1,070	1,261	1,030	1,161	2,008
0,266	1,063	1,279	1,034	1,170	1,296

Il ragionamento su cui Quincke e Pfeiffer fondarono le loro conclusioni non viene dunque provato dall'esperienza. I numeri riferiti testè ci mostrano che quando si fa una pressione $a - p$ nel recipiente di destra, passa meno liquido nel tubo elastico, che non quando si fa $a + p$ in quello di sinistra.

La causa di tale variazione nella portata deve riporsi in un cambiamento della velocita. Tanto nel caso $a + p$ come nel caso $a - p$ la velocità non rimane costante nella parte più stretta del tubo, benchè la pressione non varia. Ciò che varia è la sezione. Non ho potuto vedere come si dispongano le membrane che costituiscono il tubo elastico sotto la pressione $a - p$, od $a + p$; ma ritengo però come certo che la sezione del tubo deve essersi modificata.

Applicai successivamente all'apertura C ed all'apertura D un timpano di Marey per scrivere le oscillazioni delle membrane elastiche sotto le pressioni $a + p$ ed $a - p$, e trovai che in quest'ultimo caso ($a - p$) le oscillazioni erano più lente e più forti, ciò che del resto sentivasi anche coll'orecchio.

Un concetto importante nel lavoro di Quincke e Pfeiffer è di aver mostrato col ragionamento che nella circolazione artificiale dei polmoni, quando vengono dilatati da una pressione negativa fatta alla superficie della pleura, mentre la vena polmonale trovasi sotto la pressione atmosferica, deve passare a traverso i medesimi una quantità maggiore di sangue, che non quando la vena polmonale trovasi sotto la medesima pressione negativa che ha dilatato i polmoni.

Tale idea potei confermarla con esperienze fatte coll'apparecchio sopradescritto. Infatti se facciamo una pressione negativa p in D, ossia mettiamo una parete del tubo elastico sotto la pressione di — 23 cent. $= p$, mentre tutto il resto rimane sotto la pressione atmosferica si trova che passa la medesima quantità di liquido in un tempo minore che non in tutti i casi predetti, come risulta dalla seguente tabella C che è la continuazione della tabella B.

Tabella C.

Normale	$a + p$	$a - p$	pressione negat. p solo in D
1,025	1,165	2,004	0,300
1,030	1,161	2,008	0,298
1,034	1,160	1,296	0,295

L'aumento della portata si capisce facilmente quando si pensa che la pressione negativa sopra una sola parete del tubo elastico deve rendere più ampia la sezione del medesimo. Si tratta ora di vedere quale valore abbiano simili esperienze per l'applicazione che se ne può fare alla circolazione de' polmoni. Per conto mio ritengo la cosa essere molto più complicata di quanto non supposero Quincke e Pfeiffer nella loro figura schematica perchè i vasi sanguigni degli alveoli polmonali oltre al dilatarsi e restringersi durante i movimenti della respirazione, si dispiegano e si ripiegano come vedremo fra poco nella critica del lavoro seguente.

§ 3.

Funke e Latschenberger pubblicarono successivamente due Memorie per dimostrare che era necessario di introdurre un altro fattore nella spiegazione dei fenomeni osservati nella circolazione dei polmoni. Le loro ricerche sono fondate su questo ragionamento « che ad ogni dilatazione inspiratoria dei polmoni, prodotta da una « pressione o negativa sulla pleura, o positiva nella trachea, deve in seguito all'aumento « di superficie degli alveoli succedere una distensione della rete capillare, e quindi « un allungamento ed un restringimento dei singoli vasi » (1).

Questo concetto non è nuovo, perchè Poiseuille lo aveva già svolto fino dal 1855 nelle sue *Recherches sur la respiration* (2). In cui dimostrò per mezzo di esperienze fatte sugli animali colla circolazione artificiale che l'*insufflation retarde le passage des liquides dans les capillaires du poumon.*

(1) *Ueber die Ursachen der respiratorischen Blutdruckschwankungen im Aortensystem.* Pflüger's Archiv. 1877 pg. 405.

(2) Le fond de chaque vésicule, ainsi que des parois latérales, contiennent dans leur épaisseur un réseau de capillaires sanguins très-abondants, qui obéissent à l'ampliation ou au retrait de la

La spiegazione che Poiseuille e dopo lui Funke e Latschenberger hanno dato del ritardo che subisce la circolazione del sangue nei polmoni, quando questi vengono distesi da una pressione fatta nella trachea, è fondata sull'ipotesi che i vasi sanguigni siano disposti negli alveoli come tanti circoli massimi alla superficie di una sfera. Se ciò fosse vero la loro spiegazione potrebbe essere giusta. Ma le injezioni ci mostrano che i vasi sanguigni fanno delle sinuosità e serpeggiano alla superficie degli alveoli. Quando distendiamo i polmoni per una pressione negativa alla superficie pleurale queste sinuosità si svolgono e nuove vie possono aprirsi al passaggio del sangue che prima erano più difficili ed occluse. È così che noi crediamo si debba spiegare l' aumento della circolazione polmonale nell' ispirazione normale. Quando invece si soffia nella trachea diminuisce la circolazione del sangue non perchè siano troppo distesi i capillari, ma perchè esercitiamo una pressione positiva sulla loro superficie che necessariamente deve mettere un ostacolo al passaggio del sangue.

Funke e Latschenberger non apprezzarono giustamente la contraddizione che esisteva fra la loro teoria ed il risultato delle esperienze fatte da Quinke e Pfeiffer in condizioni analoghe alle normali, cioè colla pressione negativa alla superficie delle pleure.

Infatti sul finire della loro prima Memoria, dopo le osservazioni fatte per mezzo della respirazione artificiale insufflando aria nella trachea a torace aperto, essi ammettono che si producano gli stessi effetti nel torace chiuso colla respirazione naturale « Wir tragen auch nicht das leiseste Bedenken unsere Erklärung auch auf die respiratorischen Blutdrukschwankungen bei natürlicher Athmung zu übertragen » ([1]).

Noi non possiamo dividere cogli autori questa sicurezza, perchè essi non dimostrarono in alcun modo che sia vera la loro conclusione, per ciò che si riferisce alla respirazione naturale. La mancanza di correlazione fra i loro esperimenti sulla respirazione fatta aumentando la pressione dell'aria nei bronchi e la respirazione naturale era così evidente che un anno dopo gli autori dovettero ritrattarsi. Infatti pubblicarono una seconda Memoria ([2]) per dare come essi dicono una *dimostrazione sperimentale diretta* del valore della loro teoria anche nella respirazione naturale, cioè nella dilatazione dei polmoni per mezzo di una pressione negativa sulla pleura. La cosa sembrò loro necessaria, perchè, come essi soggiungono, vi esistevano delle osservazioni che rendevano apparente un' opposizione tra i rapporti della circolazione durante la respirazione artificiale e la naturale. Quindi soggiungono che Quincke e Pfeiffer hanno già cercato di mostrare per mezzo di un esatto ragionamento che tale opposizione sui mutamenti della circolazione polmonale esiste solamente quando il principio ed il fine della corrente sanguigna artificiale si trova fuori dello spazio pleurale e sotto

cavité de la vésicule, de telle sorte que l'aire de la vésicule augmentant dans l'inspiration, les capillaires s'allongent et leur diamètre est en même temps diminué. Au contraire dans l'expiration, en égard au retrait de la vésicule sa surface diminuant, le diamètre des capillaires augmente, et leur longueur diminue. Poiseuille - *Recherches sur la respiration* - Comptes rendus 1855 Tome 41 p. 1073.

([1]) Memoria citata, pag. 428.

([2]) Pflüger's Archiv 1878 pag. 547.

la pressione atmosferica. Ma che per il contrario quando tutte le vie della corrente polmonale, come è il caso nell'animale vivo, si trovano chiuse nello spazio pleurale, si deve osservare un passaggio più difficile del sangue a traverso i polmoni anche quando essi vengono dilatati per mezzo di una pressione negativa alla superficie della pleura.

Siccome Quincke e Pfeiffer non avevano dato questa dimostrazione sperimentale della loro deduzione teorica, Funke e Latschenberger si accingono a fare un *experimentum crucis*, nel quale fossero conservati, come essi dicono, le condizioni normali, e idearono un apparecchio dove il principio ed il fine della circolazione artificiale, cioè il vaso a pressione e quello nel quale raccoglievasi il sangue venoso, fossero in comunicazione colla cavità pleurale artificiale. Però Quincke e Pfeiffer non viddero concretizzato in un esperimento il loro concetto teorico, perchè l'apparecchio di Funke e Latschenberger non corrispondeva allo scopo per cui fu costrutto e le loro esperienze non furono eseguite coll'esattezza che è necessaria per infondere valore nei risultati ottenuti. Essi imitarono la cassa toracica per mezzo del vaso A, come è indicato nella presente riproduzione della loro figura. La pressione del sangue viene dal vaso G pel tubo F, il sangue venoso dopo essere uscito dai polmoni H L passa nel tubo ricurvo E, che qui è rappresentato in posizione verticale, ma che nell' esperienza è messo orrizzontalmente per conoscere la velocità della circolazione polmonale durante le varie fasi della respirazione. Questo tubo e quello di afflusso dell'aria alla boccia G si trovano per mezzo delle aperture 6 e 4 in comunicazione colla cavità artificiale delle pleure rappresentato dal vaso A.

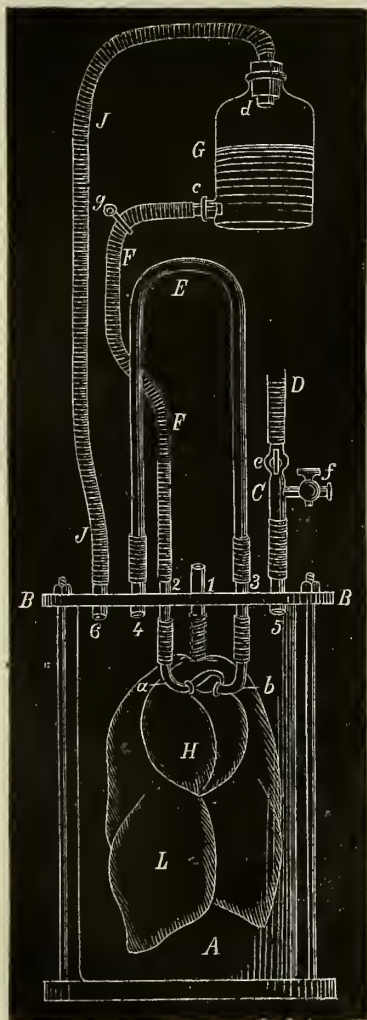



Fig. 63.

L' inspirazione viene fatta, con una pompa ad acqua di Bunsen applicata in D. Chiudendo la chiavetta *f* che comunica coll'atmosfera essi producono la rarefazione dell' aria nella cassa A e distendono i polmoni. Aprendo di nuovo la chiavetta *f* i polmoni cadono in collasso. Siccome gli autori non fanno alcun cenno del valore manometrico della pressione negativa noi possiamo credere che trattandosi di una pompa di Bunsen la pressione negativa fosse così forte da rendere illusorio qualsiasi risultato.

Per metterci in condizioni possibilmente analoghe alle naturali, come volevano fare Funke e Latschenberger essi avrebbero dovuto anzitutto conservare il rapporto che esiste normalmente fra la pressione del sangue nel cuore destro e la pressione negativa alla superficie della pleura.

§ 4.

Per conto mio sono convinto che la causa della confusione ora esistente in questo capitolo della fisiologia dipende appunto dal valore troppo grande che molti autori hanno dato alla pressione negativa durante l'inspirazione nella cavità pleurale. Vi fu, se così è permesso di esprimermi, un periodo di decadenza in questi studî; e noi dobbiamo rimontare al classico lavoro di Donders, *Sul meccanismo della respirazione e della circolazione* (¹) per trovare un punto solido di appoggio nella discussione attuale.

Donders legando un manometro nella trachea del cadavere trovò che aprendo la cavità del torace si produce una pressione positiva che fa equilibrio ad una colonna d'acqua alt. 30 - 70 millimetri; perchè nel momento in cui la pressione alla superficie dei polmoni diventa eguale all'atmosferica le fibre elastiche di quest'organo si raccorciano e gli alveoli si restringono. Dai calcoli di Donders risulta che in condizioni analoghe nell'uomo vivo e sano aprendo la cavità del torace dovrebbe prodursi un aumento della pressione nella trachea uguale a 100 millimetri di acqua. Questa pressione di circa 7 ½ millimetri di mercurio, che si produce quando i polmoni cadono in collasso, rappresenta la forza che è necessaria per dilatare i polmoni fino a che essi riempiano la cavità toracica come è sul fine della espirazione.

Per quanto sia necessaria questa prima determinazione della resistenza vitale dei polmoni, non è il valore di cui abbisognamo, perchè esso rappresenta una quantità che rimane costante quando è finita l'espirazione.

Noi dobbiamo invece tener conto della pressione che è necessaria per dilatare i polmoni da questo punto fino a quell'ampiezza che essi raggiungeranno sul finire di una inspirazione normale.

Kramer e Donders misurarono negli animali e nell'uomo la pressione sotto cui penetra l'aria nella trachea e nel naso durante la ispirazione naturale. Kramer applicando lateralmente un manometro nella trachea di un cavallo trovò che nella inspirazione il manometro scendeva di circa 1 millimetro di mercurio, e che nella espirazione aumentava la pressione dell'aria nella trachea di circa 2 o 3 millimetri. Dalle determinazioni di Donders risulta che le differenze della pressione nei polmoni dell'uomo oscillano durante l'espirazione e l'inspirazione fra 1 - 3 millimetri di mercurio. Le vie per cui l'aria giunge nei polmoni sono tanto ampie e le resistenze al passaggio della medesima nei bronchi sono tanto piccole, che nella inspirazione deve stabilirsi rapidamente l'equilibrio tra la pressione dell'aria alla superficie degli alveoli colla pressione atmosferica. Quando le vie aeree sono libere, non mi pare possibile che nella cavità del torace possa esistervi una pressione negativa superiore a 2 millimetri di mercurio. La misura della pressione nella cavità della pleura presenta tali difficoltà che per quanto io mi sappia non vennero ancora superate. Noi abbiamo però dei dati positivi per avere un criterio del suo valore nelle condizioni normali che sono quelle che ci interessano di più. Infatti conoscendo che è necessario una pressione

(¹) *Beiträge zum Mechanismus der Respiration und Circulation im gesunden und kranken Zustande.* Zeitschr. f. rat. Med. Bd III. 1853 pag. 287.

di circa 2 millimetri di mercurio per dilatare i polmoni dallo stato di espirazione fino alla capacità che essi hanno nella inspirazione ordinaria, e sapendo che l'aria penetra nella trachea sotto una pressione di circa 1 millimetro di mercurio, e che sul finire dell'inspirazione deve essere eguale a zero la pressione dell'aria nei polmoni, noi dobbiamo conchiudere che la pressione negativa nella cavità degli alveoli durante l'inspirazione sia quasi trascurabile di fronte alla pressione del sangue nel cuore destro. Le presenti considerazioni spero basteranno per tenere come dimostrato che veramente vi fu una grave esagerazione per parte di Quincke e Pfeiffer di Funke e Latschenberger nel dare tanta importanza alla pressione negativa inspiratoria che secondo noi è del tutto trascurabile.

Funke e Latschenberger servendosi di una pompa di Bunsen onde produrre una pressione negativa, oltrepassarono di troppo i limiti necessarî in questa esperienza per imitare le condizioni normali.

La dimostrazione di quest'errore apparisce evidente dagli stessi risultati delle loro esperienze.

Quincke e Pfeiffer avevano supposto, come già riferimmo, che il cuore destro lavorasse colla medesima energia nell'inspirazione e nell'espirazione. Questa condizione essenziale viene trascurata nelle esperienze di Funke e Latschenberger. Infatti osservando la figura del loro apparecchio noi vediamo che la boccia G da cui parte il sangue defibrinato comunica per mezzo del tubo F col vaso A. Se Funke e Latschenberger avessero applicato un manometro sul tubo F presso l'apertura 2, come ho fatto io, aprendo la chiavetta *f* avrebbero trovato che la pressione del sangue diminuiva di una quantità corrispondente alla pressione negativa prodottasi nel vaso A. Se ci serviamo di una pompa di Bunsen, la pressione negativa può divenire subito così grande da superare di molto la pressione positiva di 40, o al massimo 50 centimetri di acqua, sotto cui deve circolare il sangue nei polmoni, ed in questo caso succede un arresto nella circolazione artificiale.

Questo è quanto capitò a Funke e Latschenberger che tenendo i polmoni dilatati alla fine dell'inspirazione videro diminuire la velocità della circolazione nei polmoni. « Wurde die Athmung auf dem Gipfel der Inspiration durch Schliessen von *e* sistirt, die Lunge also im erweiterten Zustand erhalten, so ging die während der Einathmung beobachtete Beschleunigung in Retardation über » [1].

Un altro difetto dell'apparecchio di Funke e Latschenberger sta nel metodo che scelsero per determinare la velocità della circolazione del sangue nei polmoni. Il concetto di mettere un tubo di vetro orizzontale e che ripiegandosi ritorni nel vaso A, sebbene sia un buon ritrovato, non può essere di molta utilità nella pratica, perchè è troppo breve il tempo in cui si può osservare il passaggio del sangue. Semplicemente guardando la figura dell'apparecchio di Funke e Latschenberger si può asserire che questi autori non potevano fare delle esperienze esatte, e che le loro osservazioni dovevano necessariamente limitarsi ai fenomeni che si osservano nel primo momento dell'inspirazione o dell'espirazione. Infatti quando essi ripeterono col loro apparecchio le esperienze di Quincke e Pfeiffer non poterono confermare ciò che tutti hanno sempre constatato

[1] Memoria citata, pag. 553.

e considerarono come essenziali dei fatti accidentali che si osservano nel principio dell'esperienza ([1]).

Se Funke e Latschenberger avessero potuto prolungare alquanto di più le loro osservazioni non sarebbero certo giunti a questa contraddizione, ed avrebbero essi pure trovato che dopo il reflusso nell'inspirazione compare subito un passaggio più copioso del sangue a traverso i polmoni: e che viceversa nella espirazione dopo un primo aumento momentaneo succede un rallentamento persistente della velocità di afflusso.

In seguito a queste considerazioni ci appaiono insostenibili le conclusioni di Funke e Latschenberger sulla circolazione polmonale e noi non ne teniamo calcolo nell'ulteriore sviluppo di questo argomento.

§ 5.

Assai più importante è una recente Memoria di Bowditch e Garland ([2]) dove essi, per mezzo di un apparecchio che ha molti punti di rassomiglianza con quello di Funke e Latschenberger, ripeterono indipendentemente da questi autori le medesime esperienze. Quantunque Bowditch e Garland impiegassero il metodo grafico, il loro apparecchio ha lo stesso difetto che notammo già per quello di Funke e Latschenberger, cioè nel momento in cui fanno una pressione negativa nella cassa artificiale della pleura, diminuisce di altrettanto la pressione nella boccia di Mariotte, perchè si rarefà contemporaneamente anche l'aria che sta in questa boccia.

La pressione negativa con cui Funke e Latschenberger, Bowditch e Garland eseguirono l'inspirazione, rimarrebbe senza influenza sulla circolazione del sangue solo nel caso in cui (riferendoci alla figura di Funke e Latschenberger) i tubi I ed F fossero rigidi ed il sangue si versasse direttamente nel recipiente A, senza attraversare i polmoni. Ma il recipiente in cui Funke e Latschenberger, Bowditch e Garland fecero le loro esperienze, non è chiuso ermeticamente; e sul decorso dei tubi rigidi vi sono i polmoni, che stanno in rapporto coll'aria atmosferica.

Così quando noi facciamo una pressione negativa in A, questa si comunica alla parte superiore della boccia di Mariotte, e vi tiene per così dire sospeso il sangue, mentre nell'apparecchio inferiore manca l'aspirazione che dovrebbe controbilanciare questo effetto, e tenere costante l'efflusso del sangue. L'aspirazione sulla vena polmonale non può trasmettersi direttamente fino all'albero arterioso, perchè nel mezzo vi sta tutta la rete dei capillari che trovasi in rapporto coll'aria atmosferica. Quindi nell'inspirazione fatta a questo modo deve necessariamente prodursi una diminuzione della sezione in questa parte dell'albero circolatorio.

Se i predetti autori avessero applicato un manometro sul decorso del tubo,

([1]) Wenn wir von den natürlichen Bedingungen insofern abwichen, als wir wie Quinke und Pfeiffer Anfang und Ende der pulmonalen Strombahn unter den Athmosphärendruck setzen, so trat allerdings das entgegengesetzte Resultat, das sich als Folge der Druckdifferenz voraussagen lässt, ein; bei der Einathnung wurde der Abfluss aus den Lungen retardirt, sogar in einen Rückstrom verwandelt, bei der Ausathmung beschleunigt. Memoria citata p. 553.

([2]) *The effect of the respiratory movements on tho pulmonary circulation.* The Journal of Phisiology. Vol. II. N. 2. 1879 pag 91.

avrebbero trovato che la pressione nel momento dell'inspirazione diminuisce di una quantità corrispondente al valore della pressione negativa alla superficie dei polmoni.

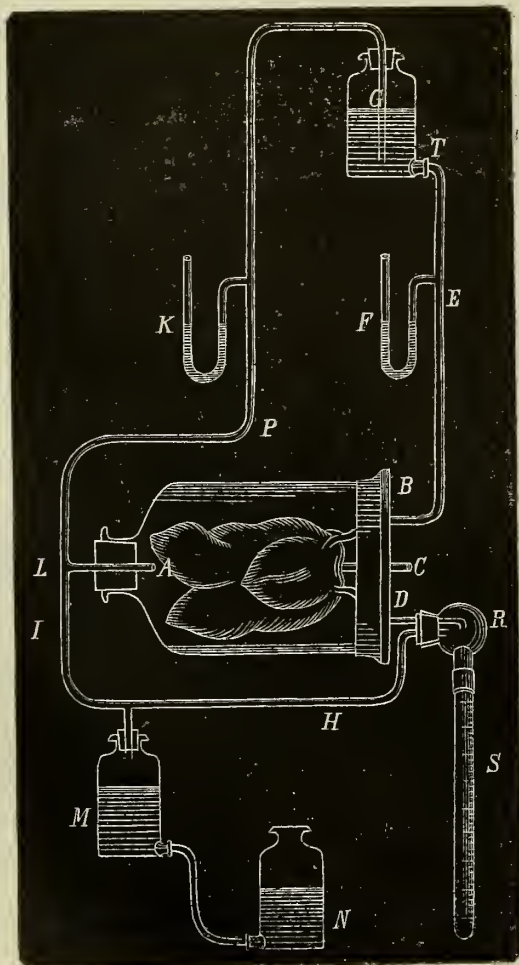
La prima condizione stabilita da Quinke e Pfeiffer, che per conoscere i mutamenti nello stato dei vasi polmonali durante l'inspirazione e l'espirazione sia indispensabile di tenere costante la pressione sotto cui circola il sangue, non venne dunque effettuata nè da Funke e Latschenberger, nè da Bowditch e Garland che adoperavano una boccia di Mariotte. L'errore nacque pel troppo zelo con cui gli autori predetti cercarono di imitare le condizioni naturali. Si volle sottrarre la boccia in cui è contenuto il sangue defibrinato alla pressione dell'aria atmosferica e metterlo in comunicazione colla cavità artificiale delle pleure per la sola ragione che il cuore è contenuto nella cavità del torace. Ma non si pensò che il cuore spinge il sangue nei polmoni per effettto delle sue contrazioni e non per effetto della gravità di questo liquido.

Ora si comprende facilmente perchè Bowditch e Garland con un cuore artificiale, ossia con una boccia di Mariotte, in cui diminuisce ad ogni inspirazione la pressione del sangue abbiano realmente trovato che nella inspirazione sia minore la velocità con cui il sangue attraversa i polmoni.

Fig. 64.

§ 6.

Riconosciuto che l'apparecchio di Funke e Latschenberger, come quello di Bowditch e Garland non sono adatti per studiare i cambiamenti che hanno luogo nei vasi polmonali, perchè la pressione non rimane costante, si comprenderà facilmente come io dovessi tosto accingermi a ripetere le loro esperienze con un apparecchio dove la pressione sanguigna rimanesse sempre la stessa, tanto nell' inspirazione come nella espirazione. Benchè io avessi già eseguito questa serie di esperienze molto prima che fosse stampata la Memoria di Bowditch e Garland (che uscì nel luglio di quest'anno), i risultati ottenuti possono applicarsi senza alcuna variante tanto alla critica del lavoro di Funke e Latschenberger quanto a quello di Bowditch e Garland, che sono giunti alle medesime conclusioni.

L'apparecchio di cui mi servii è rappresentato dalla fig. 64. Introduco i polmoni di un cane nella campana A colle stesse precauzioni che furono già indicate prima. Il sangue defibrinato dalla boccia

di Mariotte G penetra pel tubo E e la cannula B nell'arteria polmonale ed esce per la cannula D. Il tubo di questa grossa cannula attraversa un tappo di gomma elastica a due aperture: nell'altra apertura vi è un tubo di vetro che va alle boccie M N. Queste servono a fare la pressione negativa; che per mezzo del tubo I L si trasmette all'interno della campana A e dilata i polmoni. La medesima pressione negativa può arrivare col tubo P fino alla parte superiore della boccia G.

Una buretta graduata S, della capacità di 200 centimetri cubici termina in un piccolo matraccio a collo grosso che imbocca il tappo di gomma D in cui passa il tubo della cannula venosa e quello della pressione negativa. La trachea comunica direttamente coll'atmosfera per mezzo della cannula C. Quest'apparecchio è fondato sul medesimo principio di quello già descritto di Funke e Latschenberger; se ne distingue perchè la pressione negativa si fa colle boccie M N e non colla pompa di Bunsen, per avere due manometri K ed F con cui si misura la pressione ed una buretta verticale R S per determinare la velocità dell'efflusso dalla vena. Il tempo è misurato con un orologio dove il minuto è diviso in 300 parti e che si fa partire e si arresta comprimendo una molla. Ho preferito anche qui di sacrificare prima un cane per avere il sangue da mettere in ordine l'apparecchio e poi di ucciderne un altro per estirparne i polmoni.

Nelle seguenti esperienze i numeri indicano la velocità dell'efflusso venoso: ossia il tempo necessario perchè passino a traverso i polmoni 70 centimetri cubici di sangue, che è l'unità di tempo accettata anche per le esperienze successive. Credo quasi inutile di ripetere come nel momento in cui si abbassa la boccia N si produca una pressione negativa in tutto il sistema. Il livello del liquido della boccia M essendo 23 centimetri più elevato che nella boccia N si osserva una pressione negativa corrispondente nel manometro K. La pressione positiva che osservasi nel manometro F, quando tutto il sistema trovasi sotto la pressione atmosferica, diminuisce di 17 mm. nel momento in cui si stabilisce una pressione negativa nel sistema, uguale a 23 centimetri di acqua.

Esperienza I.ª

Uccido un grosso cane da caccia e chiudo subito i polmoni nella cassa A. La pressione che chiamerò normale ossia l'altezza della colonna di sangue B T è di 33 centimetri. Apro la chiavetta T e lascio uscire 150 c. c. di sangue. Faccio prima tre determinazioni per conoscere la velocità media del sangue e trovo che

70 c.c. escono in 0',090.
» » » 0',135.
» » » 0',145.

Faccio una pressione negativa di 18 c. m. in tutto il sistema.

70 c.c. escono in 0',147.

Perdo forse due minuti, perchè sbaglio un' osservazione e devo preparare nuovamente le boccie M N per fare la pressione negativa di 18 c. m. in tutto il sistema.

70 c.c. escono in 0',160.

Non posso fare immediatamente un' osservazione di confronto colla pressione normale, perchè devo prima riempire di sangue la boccia Mariotte. Dopo circa 2 minuti faccio una nuova osservazione colla pressione normale di 33 centimetri.

70 c.c. escono in 1',155. Faccio una pressione negativa di 18 cent. in tutto l'apparecchio.

70 c. c. escono in 1',165. Subito dopo faccio la pressione normale.
70 c. c. escono in 1',166. Faccio una pressione positiva nella trachea eguale a 20 cent.
70 c. c. escono in 2',281.

Esperienza II.ª

Polmoni di un cane di grandezza media estirpati di fresco. Dopo che uscirono 200 c. c. di sangue sotto la pressione normale di 33 centimetri, faccio colle boccie M N una pressione negativa di 18 centimetri di acqua in tutto l'apparecchio.

70 c. c. escono in 0',070
. . . . 0',075. Faccio la pressione normale di 33 centimetri.
70 c. c. escono in 0',075;
. . . . 0',078. Faccio la pressione negativa in tutto l'apparecchio di 18 cent.
70 c. c. escono in 0',085. Poi pressione negativa di 18 cent. in tutto l'apparecchio eccettuato nella boccia di Mariotte.
. . . . 0',060. Faccio una pressione negativa di 17 cent. in tutto l'apparecchio.
70 c. c. escono in 0',060.
. . . . 0',060. Aumento la pressione negativa fino a 19 in tutto l'apparecchio.
70 c. c. escono in 0',066. — Ritorno alla pressione normale.
70 c. c. escono in 0',064. Faccio la pressione negativa in tutto l'apparecchio eccettuata la boccia di Mariotte.
70 c. c. escono in 0',062. Pressione negativa di 17 cent. in tutto l'apparecchio.
70 c. c. escono in 0',066. Ritorno alla pressione normale di 33 cent.
. . . . 0',061.

Dalla lettura di queste ultime esperienze, risulta evidente la difficoltà sempre più grande che incontra il sangue a circolare negli organi estirpati. I mutamenti che succedono nei polmoni per effetto della circolazione artificiale sono così rapidi che riesce impossibile di eseguire sopra un solo animale tutta la serie delle operazioni che sono indispensabili per la soluzione del problema che ci occupa.

Riducendo a tre le osservazioni sulla pressione normale per avere un concetto del modo con cui procede la curva dell'efflusso si trova spesso che nella quarta osservazione la velocità può essere, pel fatto del continuo decremento, la metà minore di prima, e presto si giunge ad una velocità così piccola che non è più possibile qualsiasi paragone.

Dalle precedenti osservazioni si può tuttavia conchiudere con sicurezza, che lasciando costante l'energia del cuore artificiale aumenta la velocità con cui il sangue circola nei polmoni, anche quando il sangue venoso esce dai polmoni ed entra nell'orecchietta artificiale R sotto una pressione negativa. La dilatazione dei vasi polmonali nell'inspirazione è tale, che anche quando si diminuisce la pressione della boccia di Mariotte facendone comunicare la parte superiore colla cavità pleurale, la velocità dell'efflusso rimane molte volte costante ed uguale a quanto osservasi nell'efflusso del sangue venoso sotto la pressione atmosferica. Questo fatto può solo spiegarsi ammettendo che nell'inspirazione vi fu una dilatazione dei vasi polmonali che compensa il rallentamento prodotto dalla pressione scemata.

Risalendo da queste esperienze a quanto succede nella circolazione naturale noi riteniamo che durante l'inspirazione diminuiscono nei polmoni le resistenze al passaggio del sangue; e resta così confermato con altro metodo, ciò che D'Arsonval aveva dimostrato nella sua tesi del 1877 senza estirpare i polmoni.

§ 7.

Avevo già finito queste ricerche, quando in un viaggio che feci l'anno scorso in Olanda, ebbi il piacere di conoscere nell'Università di Leida il dott. S. de Jager, che aveva pubblicato pochi mesi prima una tesi di laurea intorno al medesimo argomento (¹) fatta sotto la direzione del prof. Heynsius. Gli parlai delle indagini che io pure avevo instituito sulla circolazione del sangue nei polmoni, e gli esposi il metodo e gli apparecchi di cui mi ero servito per fare simili esperienze. La Memoria del dott. S. de Jager comparve tradotta nell'archivio di Pflüger solo nello scorso novembre (²) quando io aveva già mandato all'Accademia il presente manoscritto. Riconosco volontieri al dott. Jager la priorità nella critica di questo punto assai controverso della fisiologia. I nostri lavori malgrado la rassomiglianza dei risultati conservano una impronta caratteristica; perchè il metodo delle indagini, eccettuato un solo apparecchio, fu essenzialmente diverso.

Il dott. Jager scrisse 4 paragrafi:

1° Sopra i cambiamenti di capacità delle vie sanguigne nei polmoni. 2° Sopra i cambiamenti di velocità della corrente sanguigna nei polmoni. 3° Sopra le velocità di efflusso del sangue dai polmoni durante le rapide e successive dilatazioni per mezzo dell'aspirazione ed il collasso, nella cassa toracica artificiale. 4° Sopra la velocità di efflusso del sangue dai polmoni nell' inspirazione e nella espirazione durante la vita.

Sono lieto che noi siamo giunti per vie diverse a risultati analoghi. Non sta a me di erigermi giudice sul merito dei metodi con cui affrontammo contemporaneamente il medesimo problema. Questo però credo di poter dire senza troppa presunzione che il lavoro pregevole del dott. Jager non rende inutile la pubblicazione dei precedenti paragrafi; ed io spero che il prof. Heynsius e il dott. Jager accetteranno le mie esperienze come un complemento ed una conferma delle loro indagini.

CAPITOLO XI.

Influenza dei movimenti respiratorî sulla pressione generale del sangue.

§ 1.

Dopo aver studiato le modificazioni che i movimenti respiratorî producono nella circolazione polmonale, viene ora il problema assai più complesso dei mutamenti che insorgono per effetto della respirazione nel circolo generale.

Mentre sto per metter piede in un campo ricco di lavori pregevoli e di controversie non ancora definite, credo opportuno dichiarare che nel presente capitolo desidero di riferire solo le esperienze che ho fatto sull'uomo, illustrandole colle indagini di altri fisiologi e con nuovi studî fatti sugli animali.

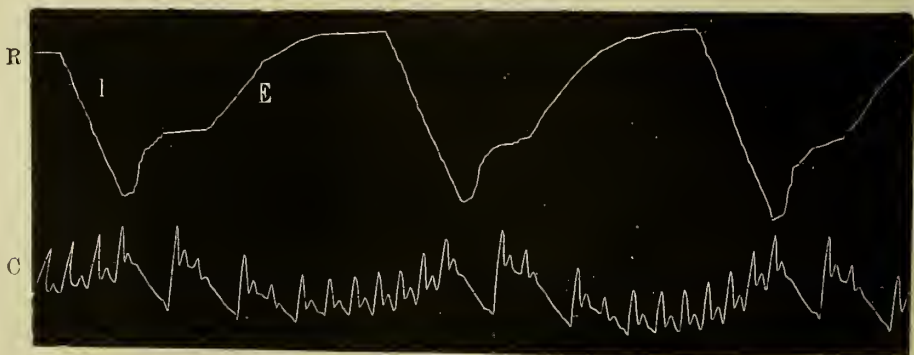
(¹) *Over de Bloedsbeweging in de longen.* Academisch proefschrift. Leiden 1879.
(²) *Ueber den Blutstrom in den Lungen.* Pfüger's Archiv. 1879 pag. 426.

In omaggio alle esperienze classiche del Ludwig e dei suoi discepoli, incomincierò colle parole dell'Einbrodt, per avere un termine di paragone in quanto osserveremo successivamente sull'uomo e sugli animali in condizioni differenti.

« Der Blutdruck erfährt während der Einathmung eine Zunahme, die allmälig « aber stetig erfolgt, d. h. jeder neue Herzschlag trifft eine höhere Spannung als der « vorhergehende. Diese Steigerung des Btutdruckes fällt jedoch in ihrem Anfange « nicht genau mit dem Eintritte der Inspiration zusammen, sondern erfolgt erst während « ihrer Dauer . . . . . mit anderen Worten; der höchste Punkt eines Pulscurvenstückes, « das einer ganzen Respirationsbewegung entspricht, fällt nicht auf die Zeit der Inspi- « ration » [1].

La curva del polso e della pressione sanguigna venne scritta contemporaneamente nella carotide servendomi di un timpano a leva munito di una membrana, riempito colla soluzione di carbonato sodico. Per graduare a piacimento la resistenza che presenta la membrana elastica del timpano registratore, applico una serie di anelli elastici che abbracciano il disco di alluminio che sta sulla membrana e tutto il timpano: oppure con un semplice filo di gomma elastica avvolgo il timpano, in modo che la pressione sanguigna non faccia fare una cupola troppo grande alla membrana del medesimo. Quando la pressione del sangue diminuisce e il tracciato del polso diventa troppo piccolo, levo qualche anello elastico, oppure slaccio quanto basta il filo che trattiene la membrana, fino a che si ottenga l'altezza delle pulsazioni che si desidera.

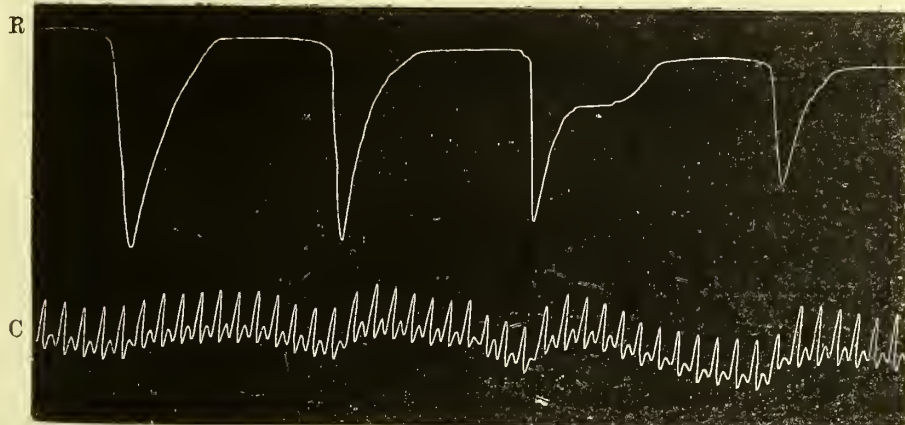
Scelgo dai miei tracciati una osservazione che si possa considerare come il tipo più comune del respiro nel cane. — La linea R della figura 65 venne scritta col pneumografo di Marey. I movimenti respiratorî sono grandi e regolari: la inspirazione è più rapida della espirazione; per cui nei tracciati la curva si abbassa ad ogni inspirazione.

Fig. 65.

Tracciato del respiro scritto contemporaneamente alla pressione del sangue nella carotide.

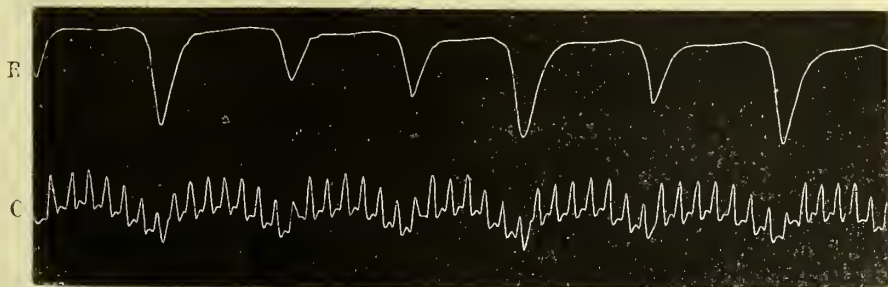
Noi vediamo infatti come dicono Einbrodt e Ludwig « che la pressione subisce « durante l'inspirazione un aumento, per cui ciascuna sistole del cuore raggiunge una « tensione maggiore della pulsazione precedente ».

[1] Einbrodt, *Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf Herzschlag und Blutdruck*. Moleschott's Untersuchungen VII. Bd. 1860. p. 314.

In questo tracciato una delle cose che più s'impone e che scrissi per circa un quarto d'ora di seguito, è il rallentamento grande nella frequenza dei battiti cardiaci durante l'espirazione. Ludwig ed Einbrodt avevano infatti stabilito che il numero dei battiti cardiaci era aumentato durante l'inspirazione e diminuiva nella espirazione. Fra i vari mezzi di analisi di cui mi servii per studiare i rapporti della pressione sanguigna colla respirazione, uno dei primi che misi in opera fu di aumentare, o diminuire artificialmente la pressione del sangue, mentre l'animale era sottoposto all'osservazione grafica.

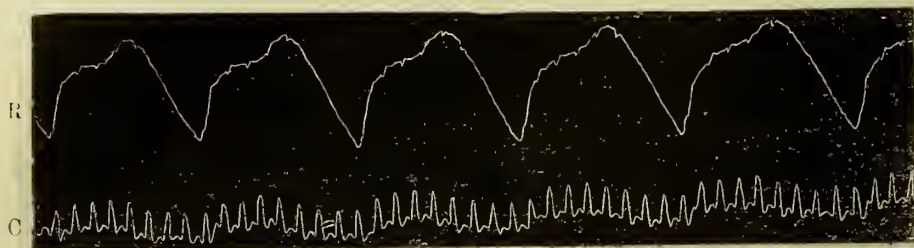
Fig. 66.

Tracciato del respiro e della pressione presi dal medesimo cane, dopo una buona emorragia.

Estraggo dal medesimo cane con una emorragia dalla carotide opposta, una buona quantità di sangue; il polso essendo divenuto più piccolo, diminuisco alquanto la resistenza della membrana elastica del timpano, slacciando il filo di gomma elastica, che stringe con più giri la membrana ed il timpano. Dopo l'emorragia il rapporto fra la curva della pressione e quella del respiro è l'opposto di ciò che era prima: nella inspirazione scende la pressione; nella espirazione si eleva e poi si abbassa. È vero però che il tipo della respirazione è alquanto diverso. Il rallentamento dei battiti cardiaci nell'espirazione è cessato.

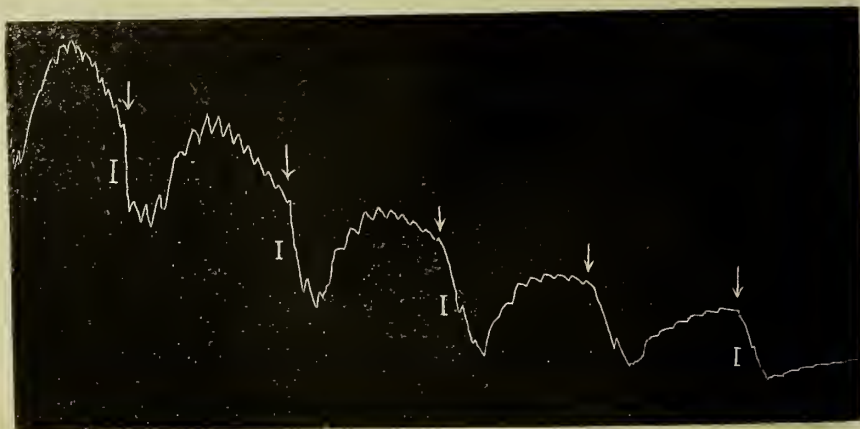
Fig. 67.

Modificazione del respiro e della pressione nel medesimo cane per una seconda emorragia.

Faccio una seconda emorragia; la respirazione è più superficiale ed alquanto più frequente; persistono i medesimi fenomeni; l'influenza del respiro è più evidente; l'abbassamento della pressione nell'inspirazione è più forte.

Estraggo ancora un'ultima quantità di sangue aprendo nuovamente la carotide. Il cuore batte così forte che le pulsazioni si trasmettono a tutta la parete addominale ed al torace. Nel tracciato scritto dal pneumografo compaiono queste pulsazioni che prima non erano visibili.

Fig. 68.

Terza ed ultima emorragia.

La curva della respirazione è divenuta più piccola e simile alla normale, ma persiste la medesima inversione; nella inspirazione si abbassa: nell'espirazione si eleva. L'animale muore dopo un minuto facendo delle forti espirazioni rumorose, ed energiche dovute alla contrazione delle pareti addominali.

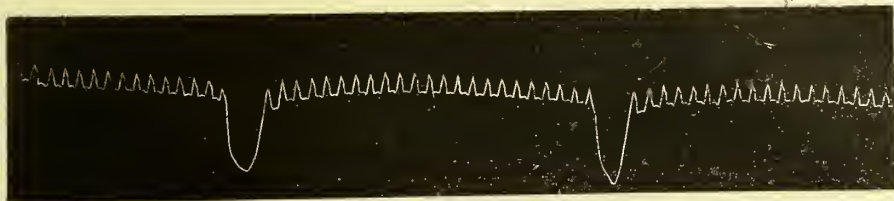
Fig. 69.

Diminuzione della pressione sanguigna durante i movimenti inspiratori, dopo una profonda emorragia.

In altri cani nel dissanguamento la diminuzione della pressione durante l'inspirazione fu così forte da arrestare l'uscita del sangue dall'arteria carotide. In questi animali scrivendo la respirazione ed il polso carotideo ottenni un tracciato come il presente, fig. 69. Per non rendere la figura troppo grande tralascio la curva del respiro, che fa delle fortissime escursioni corrispondenti alla profondità esagerata dei movimenti respiratori. La lettera I indica il tratto della curva che corrisponde alla inspirazione e la freccia superiore il momento in cui essa incomincia. Nell' espirazione successiva la curva si eleva.

Dopo il taglio dei vaghi le profonde inspirazioni possono ridurre a zero la pressione del sangue; ed impedire il polso di manifestarsi nella carotide quantunque il cuore

continui a pulsare, come potei assicurarmene nelle due inspirazioni rappresentate dalla fig. 70.

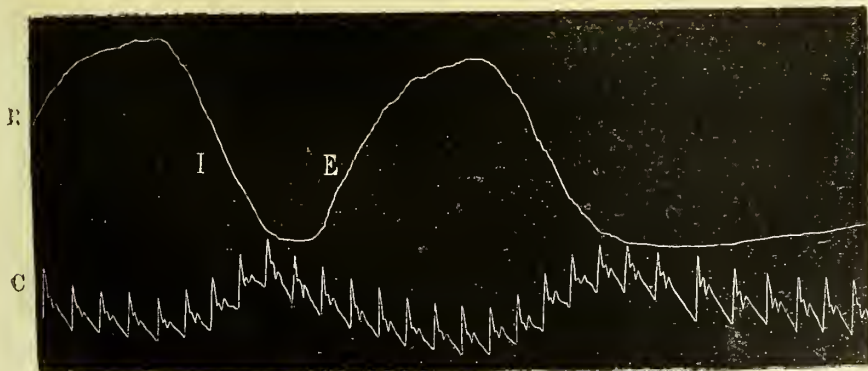
Noi ci troviamo qui dinnanzi ad una causa affatto meccanica che entra come fattore costante nei mutamenti della respirazione e che abbiamo reso colle successive emorragie sempre più evidente.

Fig. 70.

Cane con i nervi vaghi tagliati; diminuzione della pressione sanguigna durante 2 profonde inspirazioni.

Le sottrazioni sanguigne costituiscono un mezzo efficace per mutare a nostro piacimento il ritmo e la forma della respirazione negli animali. La profondità maggiore dei movimenti respiratorî nei due ultimi tracciati, è un fatto che ha pure la sua importanza nel rendere più evidente l'effetto meccanico della respirazione. Quando si dilata la cassa toracica la pressione negativa distende i vasi polmonali. Se il cuore funziona attivamente è così rapido il passaggio del sangue che viene subito ricolmato questo vuoto, ma se la circolazione è debole la medesima pressione negativa è capace di produrre un arresto del sangue nei grandi tronchi arteriosi, quantunque il cuore continui a pulsare. Ecco dunque un fatto meccanico che dobbiamo tenere in calcolo, anche quando per altre cause non si rende evidente.

§ 2.

Il polso nella carotide dell'uomo presenta modificazioni analoghe a quanto Ludwig e Einbrodt avevano già osservato nella carotide del cane per mezzo del manometro. Ecco infatti un tracciato della mia carotide sinistra, fig. 71, accompagnato

Fig. 71.

Respirazione toracica e polso della carotide nell'uomo.

dalla respirazione scritta dal torace col pneumografo di Marey: noi osserviamo qui una rassomiglianza completa col tracciato normale del cane che ho dato nella fig. 65.

La pressione subisce durante l'inspirazione un aumento, cosicchè ciascun battito del cuore raggiunge una tensione maggiore della precedente. Nella espirazione si abbassa la pressione, mentre il numero delle pulsazioni diventa più piccolo come osservasi sopra di me nella espirazione prolungata successiva.

Simili tracciati non sono nuovi per la fisiologia, perchè Klemensiewicz ne pubblicò degli uguali nel 1877 ([1]). Però quanto Klemensiewicz considerò come proprio della respirazione forzata si osserva sopra di me in questo tracciato anche nella respirazione tranquilla. Questo aumento della pressione carotidea, che distende le sue pareti ed eleva l'ascissa del tracciato, sarebbe certo maggiore, se il timpano poggiasse sulla carotide sola. La diminuzione di volume che subiscono le vene del collo durante l'inspirazione agisce in antagonismo, e scema la elevazione della curva.

Infatti se noi applichiamo il timpano sulla linea mediana del collo sopra la trachea e poco sopra la forchetta dello sterno, oppure se spostiamo il timpano sulle vene che scorrono vicino alla carotide, noi osserviamo subito una inversione del tracciato, e nella inspirazione non esiste che un abbassamento come lo mostra la fig. 72, che è precisamente l'inversa della linea C, fig. 71.

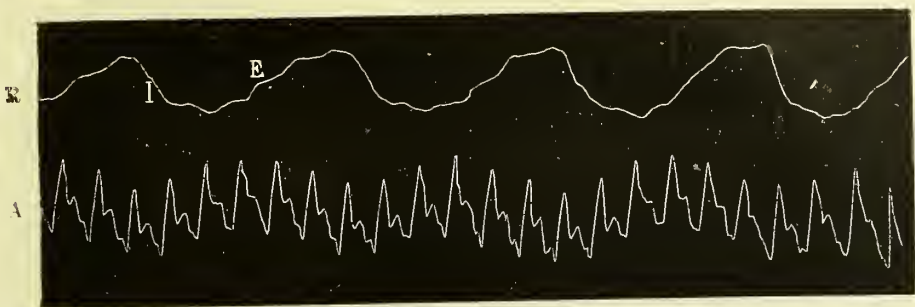
Fig. 72.

Tracciato scritto con un timpano applicato nella linea mediana del collo poco sopra lo sterno.

Questa elevazione della carotide è dunque la differenza fra la depressione prodotta nelle vene vicine, e l'ingrossamento della carotide per l'aumentata pressione. La stessa cosa succede pure per l'antibraccio. Nella inspirazione il sangue venoso scorrendo con maggiore facilità verso la cassa toracica si produce uno sgorgo non solamente nella giugulare e nelle vene più vicine, ma anche nel braccio. Il più facile passaggio del sangue nelle vene viene seguìto da una diminuzione del volume di quest'organo, che ho potuto spesso osservare. Ma l'aumento della pressione nella carotide è sincrono con un aumento eguale nella bracchiale; e ancora qui come nel collo vi sarà un antagonismo fra lo sgorgo venoso e l'afflusso arterioso. Scrivendo il volume dell'antibraccio noi otteniamo la curva di questa differenza. Ora siccome l'afflusso maggiore del sangue venoso alla cavità del torace è un fattore dell'aumentata pressione nelle arterie, il sangue arterioso giungerà bensì in maggior copia, ma con un certo ritardo, e l'aspirazione avrà prima il suo effetto. Questo è quanto può prevedersi, e quanto viene confermato dalla seguente osservazione fatta sopra me stesso per mezzo dell'idrosfigmografo applicato all'antibraccio destro. La linea superiore R, fig. 73, rappresenta i movimenti respiratorî del torace scritti col pneumografo di Marey durante la quiete profonda. Le due linee R A sono esattamente sovrapposte.

([1]) *Ueber den Einfluss der Athembewegungen auf die Form der Pulscurven beim Menschen.* Wiener Akademie. 1877 Bd. LXXIV. pag. 487.

Nel principio della inspirazione continua l'abbassamento prodottosi sul fine nella precedente espirazione e durante l'inspirazione la curva si eleva. Il ritardo è evidente nel confronto della respirazione col polso della carotide. Anche questo tracciato venne ottenuto colla respirazione naturale e senza alcun sforzo, mentre ero coricato orizzontale sopra una tavola, col braccio nel cilindro tenuto in posizione comoda lungo il corpo e nel medesimo piano dell'addome.

Fig. 73.

Rapporto della respirazione tranquilla R, *col polso dell'antibraccio nell' uomo.*

Per coloro che desiderassero ripetere queste osservazioni raccomando alcuni riguardi che spero non saranno del tutto inutili, perchè i tentativi fatti fino ad ora da vari fisiologi col mio pletismografo e collo idrosfigmografo non diedero nelle loro mani risultati ch'io ottengo senza difficoltà.

Il manicotto elastico intorno al braccio deve essere abbastanza largo per non inceppare la circolazione venosa. Io ne scelgo sempre uno in cui il braccio penetri senza alcun sforzo e così largo che a primo vedere si direbbe che non tiene l'acqua. Ungo quindi il braccio sotto il gomito con grasso: poi applico il cilindro col suo manicotto, e lo stringo intorno con alcuni giri di un tubo di gomma, aspetto generalmente 4 o 5 minuti, che vengono impiegati nel mettere un supporto sotto il braccio e nel disporre il cilindro orizzontale e preparare i timpani ed il cilindro affumicato. In questo frattempo il grasso fa presa sul manicotto e questo aderisce più tenacemente alla pelle. Dopo riempio il cilindro con acqua tiepida avendo cura di non imprimere alcun movimento. Riempito il cilindro slaccio il tubo elastico, le vene si sgorgano, penetra acqua dalla boccia di compensazione e tutto rimane pronto per l'esperienza. La pressione in questo caso è così leggiera che non si sente il manicotto e non si vede nelle due antibraccia, anche paragonando attentamente un ingorgo delle vene nell'estremità che sta nell' idrosfigmografo.

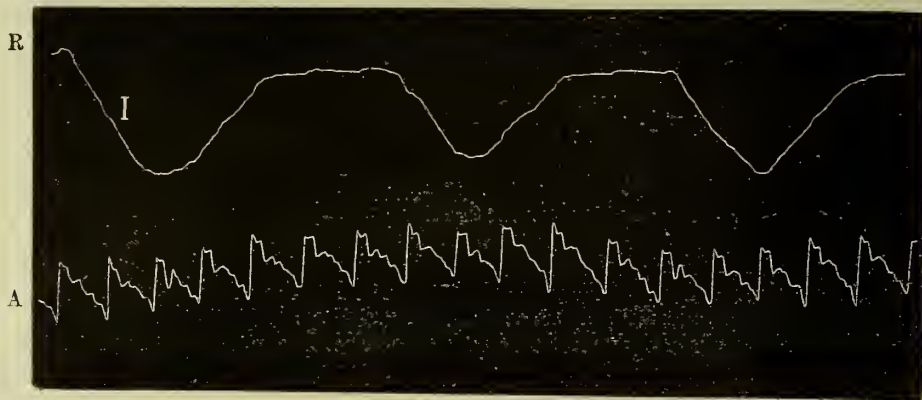
§ 3.

L'ora in cui si devono fare queste esperienze per ottenere più acilmente dei buoni risultati è il pomeriggio dopo la colazione od il pranzo. Nel mattino a digiuno non mi riuscirono quasi mai per quanta cura ci mettessi. Non saprei ora a cosa attribuire questa differenza. Pare che i fenomeni della circolazione diventino tanto più complicati quanto più si progredisce nella via dell'analisi. Ottenuta coll'idrosfigmografo la certezza di mettersi in condizioni identiche di esperienza osserviamo

nei vasi delle variazioni di cui non avevasi prima alcun sospetto: ritengo come probabile che l'essere pieno o vuoto lo stomaco, che l'essere più o meno attiva la circolazione nei visceri addominali, tutto ciò debba avere una influenza sui cambiamenti pletismografici di cui ci occupiamo: ma non posseggo dati sufficienti per pronunciarmi in proposito.

Ecco due esperienze comparative a digiuno e dopo colazione.

Alle 8, dopo aver preso una tazza di caffè verso le 7 ant., mi metto coricato orizzontale e supino sopra una tavola: e colle dovute precauzioni ottengo il tracciato del polso bracchiale, fig. 74. Assicurato dall'aiuto che non vi è alcuna influenza del respiro sul polso, per scuoprirne le più piccole traccie gli dico di chiudere il tubo di comunicazione colla boccia di compensazione e scrivo la fig. 74.

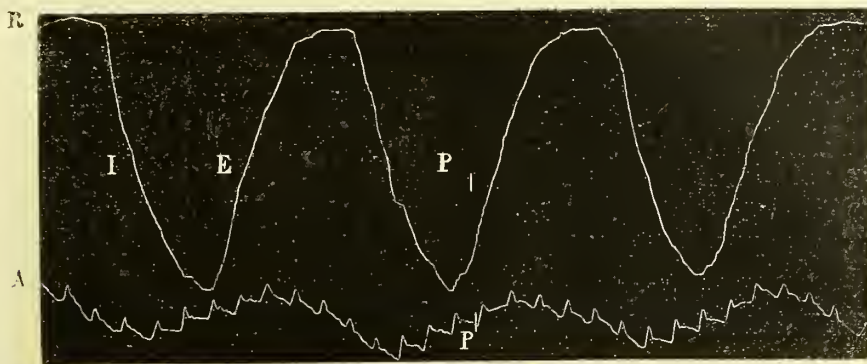
Fig. 74.

Respirazione e polso dell'antibraccio nella medesima persona a digiuno.

Osservando attentamente per sbieco un lungo tratto si vede che non manca nel tracciato del polso una corrispondenza col respiro, ma essa è così debole che ad un'occhiata superficiale passa del tutto inosservata.

Siccome si tratta di un risultato negativo, non credo necessario di riferire un tracciato più lungo di quello della fig. 74. In questo tracciato ciò che più si impone sono le grandi ondulazioni, dovute alla irrequietezza dei vasi, che costituiscono una caratteristica dei tracciati sfigmici a digiuno. A mezzodì dopo aver fatto una colazione moderata, consistente in un beefsteak, un po' di frutta, con un bicchiere di vino generoso, ed una buona tazza di caffè, mi metto nella stessa posizione collo stesso manicotto ed ottengo il tracciato della fig. 73, dove le oscillazioni respiratorie sono tanto evidenti malgrado che siano meno profondi ed ampî i movimenti respiratorî.

Non insisterò sulla forma del polso che è tanto variata, solo mi piace di accennare che le pulsazioni dell'antibraccio, le quali a primo aspetto sembrano affatto irregolari, si ripetono nelle loro variazioni con un certo ritmo, per cui le accidentalità che troviamo in esse, non sono il prodotto del caso, o di scosse trasmesse dal corpo e dal braccio, ma queste sinuosità sono oscillazioni che hanno luogo nel cilindro, che ritengo proprie del movimento del sangue nei vasi, combinato colle scosse che imprime ogni pulsazione all'acqua contenuta nell' idrosfigmografo.

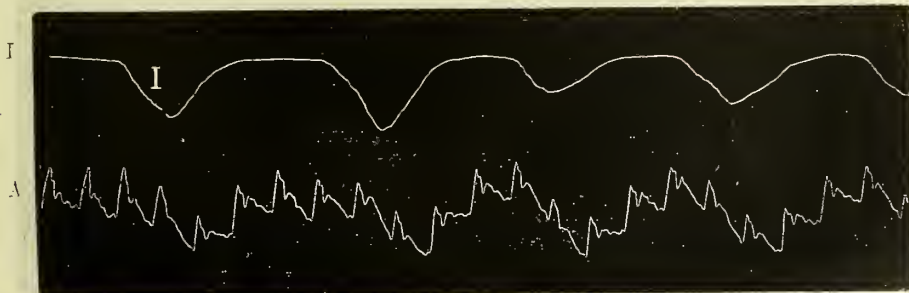
Per dimostrare quanto un lauto pasto possa agire favorevolmente per ottenere dei buoni tracciati delle oscillazioni respiratorie, recherò un'osservazione fatta sul mio buon amico il rev. D. A. dopo un pranzo parrocchiale. Fatta astrazione dai movimenti respiratorî, i quali sono qui, fig. 75, molto più forti che non nel mio esem-

Fig. 75.

Rapporto della respirazione col polso dell'antibraccio dopo un lauto pranzo.

pio, il decorso dei tracciati è identico. Noi vediamo infatti che la diminuzione del volume nell'antibraccio incomincia sul finire dell'espirazione, e si continua nell'inspirazione successiva. Però prima che l'atto inspiratorio sia compiuto, appare già un aumento molto pronunciato del volume, che si protende nel principio dell'espirazione.

Tale è il rapporto dei movimenti respiratorî colla curva pletismografica dell'antibraccio che trovai più frequente nelle mie osservazioni.

Sarei inclinato a considerarlo come il tipo normale, se non avessi incontrato due persone che nella quiete profonda e in condizioni identiche, presentarono altri rapporti fra i cambiamenti di volume dell'antibraccio in confronto col ritmo del respiro. Riferisco uno di questi tracciati, fig. 76, che ho preso sopra il sig. colonnello Garrone, uomo di statura atletica, che gentilmente volle prestarsi alle mie indagini.

Fig. 76.

Rapporto della respirazione col polso dell'antibraccio nella respirazione tranquilla.

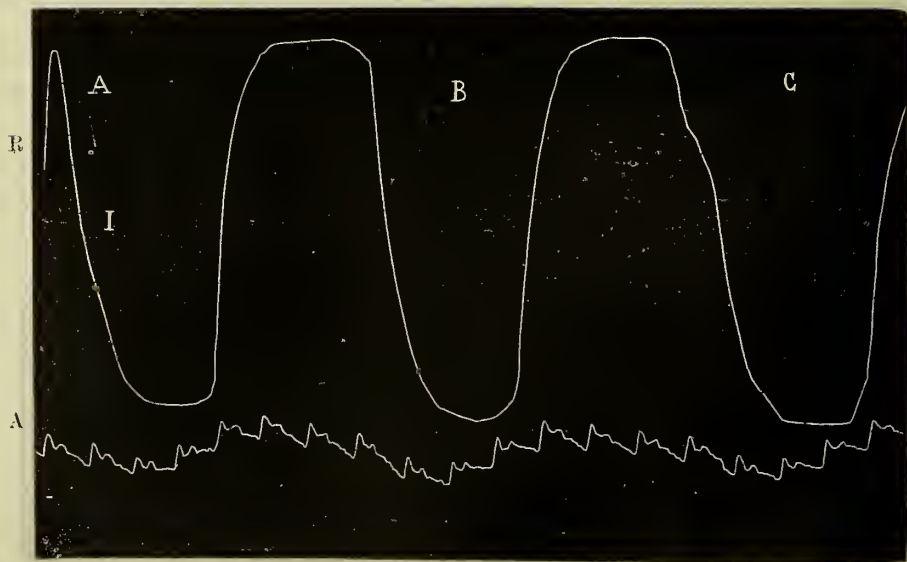
Qui nell'inspirazione vi è un abbassamento del volume che si protende nel principio dell'espirazione successiva e l'aumento dura per tutta l'espirazione. È questo un tipo differente e direi quasi opposto a quello delle figure precedenti. Il tracciato del sig. colonnello Garrone, quantunque egli non presentasse la più piccola

anormalità nella funzione del respiro, corrisponde alla modificazione del polso radiale trovato da Marey in quei casi in cui l'aria penetrava difficilmente nelle vie respiratorie ([1])

Io sperava seguendo le traccie di Marey di giungere a qualche risultato tenuto calcolo del tipo differente con cui può eseguirsi la respirazione dando la prevalenza nella dilatazione del torace, ora alla elevazione delle coste ed ora all'abbassamento del diaframma; feci quindi una serie di esperienze in cui eseguivo delle forti inspirazioni diaframmatiche, tenendo per quanto era possibile immobili le coste; o viceversa mentre scrivevasi il polso e i cambiamenti di volume dell'antibraccio, eseguivo delle forti inspirazioni col diaframma cercando di non muovere le coste. In queste indagini grafiche che feci per la maggior parte sopra me stesso nello scorso autunno, non potei giungere ad un risultato soddisfacente. Anzichè moltiplicare la casuistica con nuovi tracciati, preferisco di riprendere tali esperienze e di continuarle fino a che mi riesca di recare qualche maggior lume nelle interpretazioni dei tracciati sopra riferiti.

I tracciati presi fino ad ora in esame vennero scritti mentre il respiro procedeva regolare e calmo, forse in alcuni casi alquanto più forte, perchè non è possibile di conservare immutato il ritmo e la profondità dei moti respiratorî quando si sa di essere osservati e si vede che ogni movimento è registrato.

Vediamo ora che cosa succede quando i movimenti respiratorî si eseguiscono con forza e viene protratta più del solito l' inspirazione e l'espirazione, fig. 77.

Fig. 77.

Rapporto della respirazione col polso nei movimenti esagerati del respiro.

Nel sig. dott. Calozzo noi riscontriamo un altro tipo come quello del colonnello Garrone: cioè nell' inspirazione succede una diminuzione del volume dell'antibraccio

([1]) *Physiologie médicale de la circulation*. Paris 1863 pag. 291.

e si produce un aumento prima che incominci l'espirazione. Se si prolunga l'espirazione producesi egualmente durante la dilatazione esagerata del torace prima un abbassamento e poi una leggera elevazione.

I cambiamenti di volume delle estremità in queste circostanze sono tanto grandi che per studiarli è meglio servirsi di un apparecchio che come il pletismografo ne misuri il loro valore reale. Quando non si abbia l'apparecchio basta per formarsi un concetto del fenomeno che ora ci accingiamo a trattare, di chiudere il tubo di comunicazione dell'idrosfigmografo colla boccia di compensazione.

CAPITOLO XII.

Influenza del nitrito di amilo sulla circolazione del sangue nel cervello.

§ 1.

Il nitrito di amilo è fra tutte le sostanze che conosciamo fino ad ora, quella che modifica più profondamente lo stato dei vasi sanguigni, l'energia e la frequenza delle contrazioni cardiache, senza abolire la coscienza e ledere notevolmente le funzioni del cervello. La facilità grande di amministrare questo medicamento, il suo odore piacevole, e l'azione sua fugace lo rendevano assai comodo per le nostre indagini, trattandosi di una persona come Bertino che era così diffidente da rifiutare qualunque rimedio se prima non ne vedeva fatta esperienza sopra me stesso. Tutti coloro che hanno fatto delle inalazioni col nitrito di amilo sanno che, pochi secondi dopo aver fiutato i vapori di questo liquido, sale come una vampa al volto: le guancie, la fronte, gli occhi e tutto il capo diventano più rossi per la dilazione dei vasi. La secrezione delle lagrime è più abbondante; e sentesi un leggero gravame del capo ed un'ansia prodotta dalle pulsazioni più rapide e più forti del cuore e forse dall'abbassamento della pressione sanguigna. Il metodo di cui mi sono servito per scrivere e misurare i cambiamenti di volume del cervello senza deformare troppo la forma delle pulsazioni venne già esposto nel capitolo II. Esso consiste in due valvole di Müller messe sul decorso del tubo che va dalla breccia del cranio al timpano registratore. Con questo mezzo semplicissimo si ha il vantaggio di conservare la pressione costante e quasi nulla, e di scrivere l'uscita, o l'entrata di ogni bolla d'aria dell'apparecchio.

L'esperienza che riferisco come tipo, tav. VII. linea 39, 40, 41, 42 venne fatta un'ora dopo che Bertino aveva mangiato per colazione, una minestra, un po' di carne e un panino. Il polso del cervello era piccolo, ma regolare ed uniforme. In α, tracciato 39, metto sotto le narici di Bertino una pezzuola su cui avevo prima versato alcune goccie di nitrito di amilo. Bertino era stato avvertito di non cambiare per nulla il ritmo del respiro. Era forse la decima volta che ripeteva queste inalazioni ed egli si conservava perfettamente tranquillo. Il tracciato sfigmico si svolge inalterato per circa 12 pulsazioni; poi queste diventano gradatamente più forti, e il cervello aumenta di volume. L'elevazione S scompare; la dicrotica invece si rinforza. Dalla valvola X di Müller (vedi fig. 3 pag. 244) esce di quando in quando una bolla

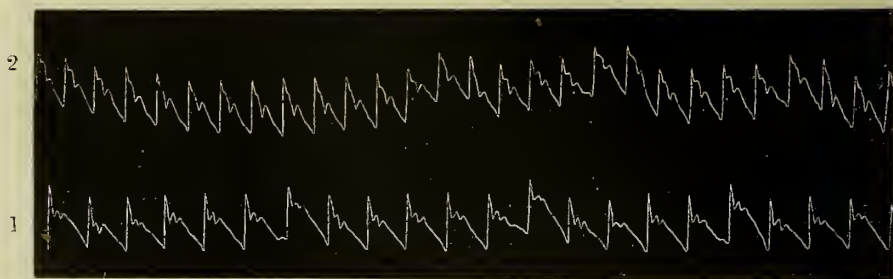
di aria, che deforma leggermente la pulsazione scritta in tale istante. In ω linea 39, quando il volto è intensamente rosso si sospende l'inalazione. L'influenza del nitrito di amilo persiste: esce ancora qualche bolla di aria dalla valvola D; quindi nel minuto successivo in M, linea 40, il cervello incomincia a diminuire di volume. Il polso cerebrale è sempre fortissimo: si notano a periodi irregolari delle profonde ondulazioni che non corrispondono ai movimenti respiratorî. Dopo un minuto, nella linea 41, non è ancora cessata l'influenza del nitrito di amilo. La linea sfigmica presenta delle ondulazioni meno alte e più lunghe. Le pulsazioni divengono più piccole, ed acquistano poco per volta la forma primitiva. Continuo a scrivere; e nella linea 42 si vede che dopo 3 minuti è cessata completamente l' azione del nitrito di amilo. Il polso del cervello è divenuto normale; in *r* compare un' ultima e leggera ondulazione. Scrivo ancora il polso cerebrale per cinque minuti e non trovo cosa rimarchevole nei tracciati che per brevità tralascio.

Calcolando il volume delle bolle d'aria spostate sotto la medesima pressione, per mezzo di una buretta messa dopo in unione coll' apparecchio, trovai che in questa esperienza vi fu un aumento di volume del cervello di circa 3 cent. cubici.

§ 2.

Cerchiamo ora la causa di questi mutamenti nel polso del cervello.

Il tipo normale del polso, come abbiamo già detto, è di forma tricuspidale. Nello stesso Bertino il tracciato della carotide scritto con un timpano di Marey applicato sul collo per mezzo di una cravatta dà la seguente, figura 78, linea 1.

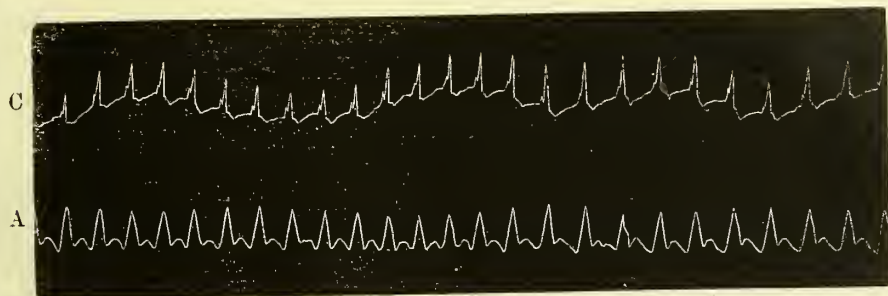
Fig. 78.

Bertino. *Polso della carotide scritto con un timpano Marey applicato sul collo.*
1 *Polso normale*; 2 *polso della carotide sotto l'influenza del nitrito di amilo.*

Le pulsazioni più elevate corrispondono al principio dell'inspirazione, che era del resto molto superficiale.

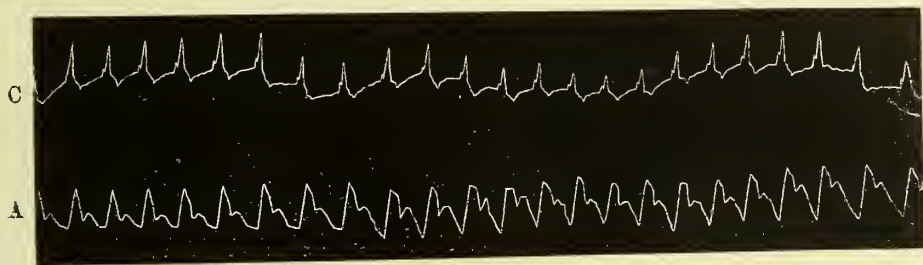
Qui si vede molto chiaramente che ogni singola pulsazione consta di tre elevazioni di cui le due ultime succedono quasi alla stessa altezza. Durante e dopo l'inalazione del nitrito amilico, linea 2, la prima elevazione si porta più in alto e tende a scomparire, mentre la seconda scende più in basso e diventa più pronunciata. Sebbene non conosciamo il significato di queste tre elevazioni, constatiamo questo fatto e procediamo innanzi cercando di stabilire quali siano le modificazioni che succedono in altri organi ad esempio nel braccio. Bertino pel suo mestiere di contadino aveva delle mani così

callose e la pelle dell'antibraccio così dura che male si prestava per ricerche delicate sulla forma del polso [1].

Per farsi un concetto chiaro delle modificazioni che il nitrito di amilo inalato produce sull'impulso del cuore e sulle pulsazioni dell'antibraccio, scelgo un esempio da una serie di esperienze che ho fatto sopra lo studente sig. Rattone. Per brevità non riproduco il tracciato del polso normale e delle modificazioni che subì durante l'inalazione. La figura 79 incomincia nel momento in cui si arresta questa ina-

Fig. 79.

Rattone. *Tracciato dell'impulso cardiaco e del polso bracchiale sotto l'influenza del nitrito di amilo.*

lazione dopo che essa aveva durato 30 secondi. Dopo vennero tralasciati circa 10 secondi del tracciato e poi incomincia la fig. 80: in cui le pulsazioni si avvicinano sempre più al tipo normale; finchè sul finire della medesima si confon-

Fig. 80.

Continuazione del tracciato precedente scritto dopo un intervallo di 10 *secondi.*

dono per il loro aspetto con quelle scritte prima dell'inalazione. Noi vediamo cioè che il polso normale è tricroto, e che presso l'ascissa si aggiunge talora una quarta elevazione più piccola. L'impulso del cuore scritto col cardiografo di Marey ci appare più debole nello stato normale che non sotto l'influenza del nitrito di amilo. Quanto alle modificazioni che questo medicamento produce nello stato dei vasi e quindi nella

[1] Devo ricordare con mio dispiacere alcune gravi difficoltà che per poco non mi impedirono di eseguire la maggior parte delle esperienze contenute in questo lavoro. Il primo giorno ottenni che l'ammalato venisse nel mio laboratorio e feci una serie di osservazioni che fu certo la più importante. Nei giorni successivi non essendomi più permesso di condurre Bertino fuori dell'ospedale, benchè stesse bene di salute e passeggiasse tutto il giorno nel giardino fui obbligato di lavorare in una camera dove si dovevano ad ogni seduta fare e disfare gli apparecchi.

La difficoltà di istallarmi con tutti i comodi richiesti in esperienze così delicate m'impedì di eseguire alcune indagini interessanti che avevo in animo di fare. È da deplorare che nell'ospedale primario di Torino fossero in allora così poco favorite le indagini scientifiche.

forma del polso, noi vediamo che l'elevazione S si porta in alto e quasi scompare nel momento della maggiore paralisi dei vasi, mentre l'elevazione dicrotica scende in basso e raggiunge il punto più declive della curva. La frequenza delle sistoli cardiache è così grande che questa elevazione non ha più il tempo di manifestarsi completa e l'ultima manca del tutto. Valga questo esempio per dimostrare la difficoltà grande che si incontra nell'apprezzare giustamente la forma di una pulsazione, quando non si abbia sott' occhio tutta la serie delle trasformazioni subìte in un certo spazio di tempo.

Un fattore da non trascurarsi nello studio di queste modificazioni è l' energia maggiore dei battiti cardiaci. Con ciò non intendo di asserire che fosse più efficace la sistole e maggiore la quantità di sangue che viene spinta nel giro della circolazione. Pensando che i vasi sono dilatati nella testa e nelle braccia dobbiamo anzi ritenere (come del resto lo dimostrarono le esperienze fatte sugli animali) che la pressione sia diminuita, ciò nulla meno è più grande l'impeto del cuore contro le pareti del torace. È a supporsi che la sistole del cuore sia più viva e che invece la diastole ed il rilasciamento delle pareti cardiache sia maggiore. Queste evidentemente non sono che delle ipotesi; benchè il fatto, che ho constatato più volte, di vedere insorgere un impulso più energico del cuore dopo una forte emorragia, e quando l'animale è agonizzante e debole la pressione, mi faccia credere che l'impulso del cuore non sia un criterio sicuro per giudicare l'effetto utile delle sue sistoli. Ma su questo argomento ritorneremo più tardi.

L' impulso più forte del cuore non è un fatto costante; e le modificazioni nella forma del medesimo sono quasi impercettibili di fronte alla trasformazione che subisce il profilo di ogni pulsazione tanto nel braccio, quanto nel cervello per influenza del nitrito amilico.

Ho già trattato questo argomento nella mia precedente Memoria, *Sulle variazioni locali del polso*, in un capitolo sull'influenza del nitrito amilico e dell'apnea sulla forma del polso. Soggiungerò solo che nel tracciato del cuore le modificazioni sono sempre meno vistose, e che in tali casi se lasciamo da parte la frequenza maggiore delle sistoli si può dire che non si scorge alcuna differenza nell'impulso sotto l'influenza del nitrito amilico; mentre invece la forma delle pulsazioni nell'antibraccio in circostanze identiche è completamente diversa dallo stato normale.

Se le modificazioni nei tracciati dell'antibraccio e del cuore scritti contemporaneamente non si corrispondono per riguardo alla loro entità, alla forma, ed al tempo in cui succedono, ciascuno comprenderà di leggieri quanto sia incerta, per non dire falsa, la dottrina, ora generalmente accettata, di considerare le note caratteristiche del polso come dipendenti dai fenomeni che succedono nel cuore.

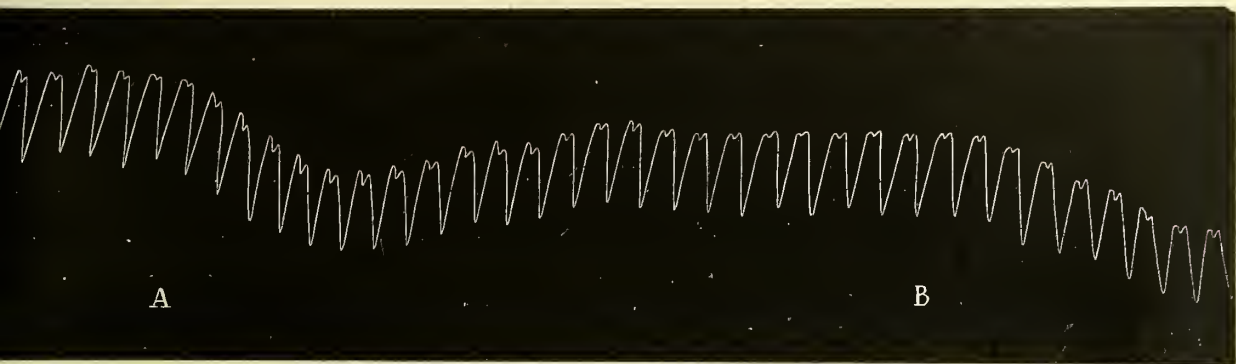
Assai più consentaneo ai fatti parmi sia il concetto che cercherò di svolgere in un prossimo capitolo in cui dimostrerò che il polso considerato nel cervello, nel braccio ed in altre parti del corpo non ci dà un'imagine della rivoluzione cardiaca, ma che esso è invece uno specchio fedele delle variazioni che si svolgono nell'albero dei vasi.

Il cuore dà il ritmo delle pulsazioni: la loro forma dipende specialmente dallo stato dei vasi.

§ 3.

Un'ultima osservazione che desidero fare prima di lasciare questo capitolo si riferisce alle ondulazioni che si osservano nel volume del cervello sotto l'influenza del nitrito amilico.

La paralisi dei vasi sanguigni che si produce pei vapori di questa sostanza può divenire assai più grande di quanto non sia nel tracciato 39, 40, 41, 42 della tavola VII. Invece di sospendere l'inalazione dopo circa mezzo minuto come feci nella precedente esperienza, prolungai a tale scopo l'inalazione per oltre un minuto, fino a che Bertino allontanò spontaneamente la boccetta dal naso perchè non poteva più resistere. — Il tracciato della fig. 81 venne scritto in tale momento.

Fig. 81.

Bertino. *Ondulazioni nel volume del cervello e modificazione del polso cerebrale osservate nelle forti inalazioni col nitrito di amilo.*

Per eliminare il dubbio che l'acqua contenuta nelle valvole di Müller potesse colle sue oscillazioni modificare il tracciato del polso, mi servii in questa esperienza, come nel maggior numero dei casi, di un semplice tubo di gomma elastica, che riuniva la placca di guttaperca posta sulla breccia del cranio col timpano registratore. Una valvola a *clarinette* messa sul decorso del tubo serviva a moderare la pressione nel timpano a leva, durante i forti cambiamenti di volume del cervello. — Il polso che nello stato normale era piccolo e tricuspidale per l'influenza del nitrito amilico diviene fortissimo e bigemino. La prima elevazione è impercettibile. L'elevazione S e la dicrotica divenute eguali in altezza danno all'apice della pulsazione cerebrale un aspetto biforcato. — Di quando in quando, senza che vi influisca il respiro, compaiono delle grandi ondulazioni spontanee come quelle A B rappresentate nella fig. 81. Ho visto una di queste ondulazioni molto forte durare 32 secondi.

Nello studio delle modificazioni che può subire il polso è assai interessante di sapere se colla inalazione del nitrito di amilo noi abbiamo ottenuto nelle esperienze precedenti una paralisi completa dei vasi nel cervello e nell'antibraccio. Non ho conoscenza sufficiente di questo argomento per pronunciarmi con qualche sicurezza. Tra la contrazione, il tono normale e la paralisi delle arterie, dei capillari e delle vene vi sono degli stati intermedî e delle combinazioni che sono ancora sconosciute. Nel caso di Bertino per vedere se le ondulazioni indicate con A B nel tracciato erano

passive od attive, avrei dovuto scrivere in simili esperienze insieme al polso del cervello anche il polso dell'antibraccio, o meglio, di un' altra parte del corpo, come ad esempio il piede su cui il nitrito di amilo non esercita tanta influenza paralizzante.

Sono dolente di non aver avuto il tempo di fare queste esperienze, per cui rimango in dubbio, se nelle condizioni sopra esposte i vasi del cervello possono considerarsi completamente paralizzati per l'influenza del nitrito di amilo.

CAPITOLO XIII.

Anemia ed iperemia cerebrale.

§ 1.

I mutamenti che subiscono le funzioni del cervello, quando diminuisce, o cresce l'afflusso del sangue in quest'organo, formano uno degli studî i più interessanti di cui possa occuparsi sperimentalmente il psicologo: perchè in nessun altro modo può rendersi meglio evidente il legame strettissimo che vincola i fenomeni psicologici colle funzioni materiali dell'organismo. Basta scemare per poco la quantità di sangue che penetra nel cervello, perchè cessi immediatamente la coscienza. Se mi si domandasse quale di tutte le funzioni degli organi sia più legata ad ogni minimo cambiamento che succede nel ricambio materiale, non dubiterei di affermare, che la coscienza è questa.

L'equilibrio delle molecole negli organi, dove ha sede l'intelligenza, viene scosso profondamente da cause, le quali non turbano in modo apprezzabile le funzioni di altre parti del corpo; perchè nel cervello è più attivo il ricambio dei tessuti e più instabile lo stato delle sostanze che lo compongono. La maggiore elevatezza dei fenomeni psichici sta nella maggiore complicazione dei fatti che vi danno origine.

Gli emisferi cerebrali sono talmente vulnerabili da ogni causa che rallenti, anche solo per un istante, la loro nutrizione, che per poco venga scemata la razione di sangue che affluisce al cervello cessa immediatamente la coscienza.

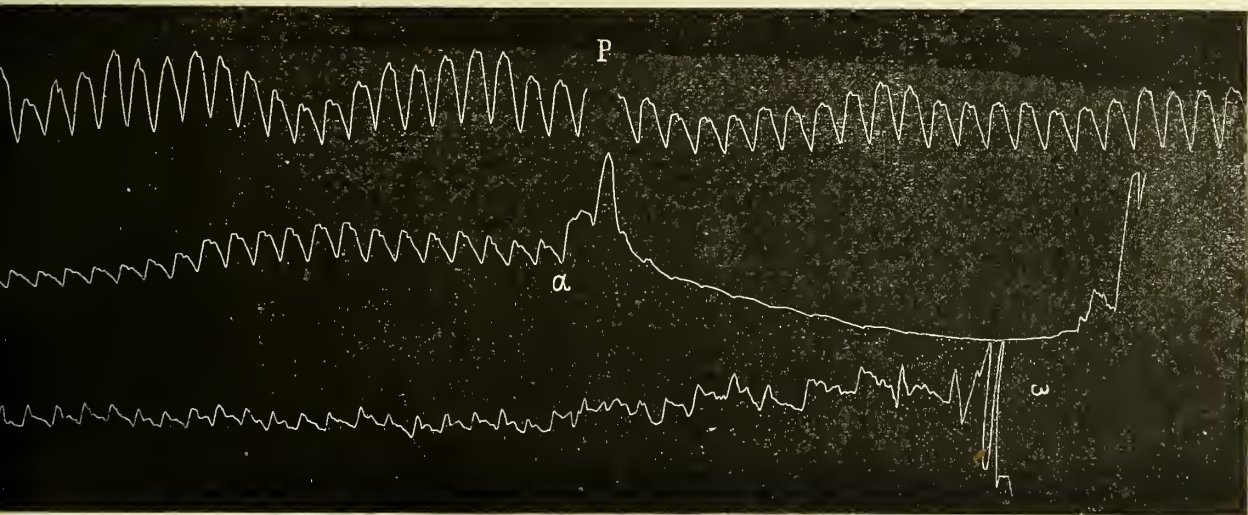
Ecco un'osservazione fatta sopra Bertino dalla quale risulta la prodigiosa attività del ricambio materiale nel cervello.

Il giorno 29 settembre ad 1 ora pom. prendo accordo col dott. De Paoli per fare alcune osservazioni sull'anemia cerebrale. Fissiamo bene il disco di guttaperca sul capo di Bertino per scrivere i movimenti del cervello linea C′, e gli applichiamo l'idrosfigmografo sul braccio destro per registrare contemporaneamente il polso di questa parte del corpo, linea A. Io spiegai a Bertino di che cosa si trattava e lo pregai di far bene attenzione a tutto ciò che egli avrebbe provato durante l'esperienza per sapercelo ripetere dopo. Sedutomi dinnanzi a lui applicai i due pollici sopra entrambe le carotidi, e quindi mentre guardavo la penna del timpano registratore compressi gradatamente le carotidi fino a che vidi scomparire il polso del cervello, e subito cessai. Bertino non disse nulla. Pregai quindi il dott. De Paoli che stava in piedi dietro le spalle dell'ammalato di prepararsi alla compressione delle carotidi.

Quando il dott. De Paoli mi fece cenno che egli sentiva pulsare sotto le dita

le due carotidi, feci il segno α sul cilindro, fig. 82: appena le penne vi furono sopra gli ordinai con un movimento della mano di comprimere. Le due prime pulsazioni diventano più alte, ma la terza è già minore ed il cervello diminuisce rapidamente di volume.

Dopo l'ottava sistole cardiaca il polso si rallenta notevolmente e nel cervello è così piccolo che appena si vede. Alla 12.ª pulsazione cioè dopo circa 8 secondi di anemia cerebrale Bertino è colpito da un accesso di convulsioni. Guardandolo lo trovo pallido nel volto, cogli occhi rivolti in su. Il dott. De Paoli lasciò subito libere le carotidi. Appena vidi che Bertino aprì gli occhi come meravigliato di trovarsi in quel luogo, ed in quella posizione, io cercai senza indugio di continuare la registrazione del polso: ma il cervello aveva subìto un tale aumento di volume ed il braccio si era mosso tanto che solo dopo 20 secondi dal primo insorgere delle convulsioni io potei riprendere e scrivere il polso del cervello, linea C', fig. 82: e dopo circa un minuto anche quello

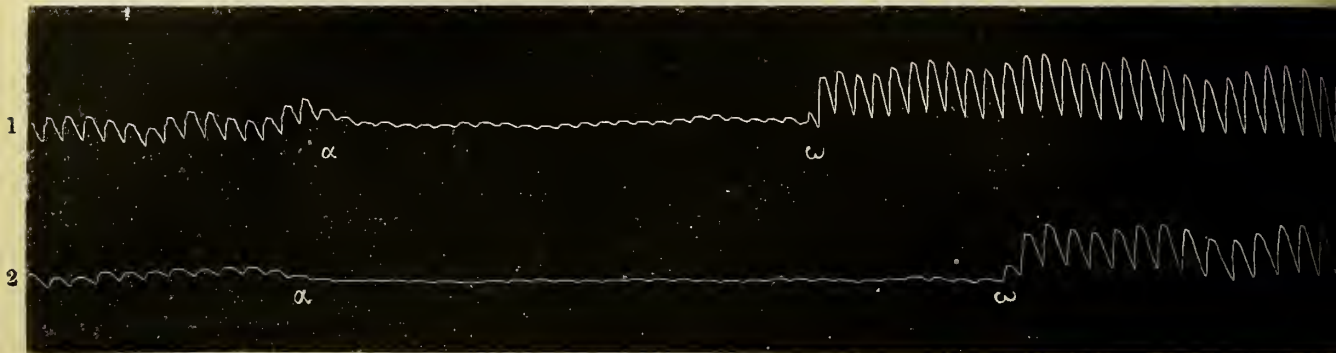
Fig. 82.

Bertino. *Tracciato della circolazione sanguigna nell'antibraccio* (A) *e nel cervello* (C) *durante un accesso convulsivo prodotto dalla compressione delle carotidi fatta nel periodo segnato* α ω. *C' Tracciato del polso cerebrale scritto* 20 *secondi dopo l'anemia cerebrale.*

dell'antibraccio. Vedendo che non vi è nulla di notevole altro che un forte aumento del polso cerebrale sospendo l'osservazione.

In questo frattempo Bertino ci disse che egli aveva veduto venir tutto buio, ma che non aveva provato nulla di spiacevole. Sputò in terra, accusò un leggero senso di nausea, e poco dopo ci invitò a ricominciare. Noi rimanemmo meravigliati di questa sua freddezza insolita e siccome l'avevamo veduto, mentre era privo di coscienza, sollevare convulsivamente entrambe le mani impugnate, pallido e cogli occhi stravolti, non avemmo più il coraggio di ripetere in quel giorno, nè poi, un'altra compressione delle carotidi.

Il risultato di questa esperienza mi sorprese tanto maggiormente in quanto che io aveva già compresso le due carotidi per un tempo molto più lungo su Caterina X e sul ragazzo Thron, fino a far scomparire quasi completamente le pulsazioni del cervello; senza che mai fossero insorti dei fenomeni così gravi per l'anemia cerebrale.

Ecco due esempî di compressione delle carotidi fatte col prof. Giacomini su Caterina X fig. 83; di cui la seconda durò circa 30 secondi, senza che siano apparsi dei fenomeni inquietanti e tanto meno delle convulsioni. La donna che fu sottoposta a questo esperimento era in pieno possesso della sua coscienza, anche sul finire della compressione; perchè fu essa che secondo le istruzioni ricevute, fece cenno col dito indice al prof. Giacomini di sospendere la compressione; ciò che successe in ω.

Fig. 83.

Caterina X. *Influenza che esercita la compressione delle arterie carotidi da α in ω sulla circolazione del sangue nel cervello.*

Il solo fatto che colpisce l' occhio in questo tracciato è l'aumento grande delle pulsazioni cerebrali quando cessano di essere compresse le carotidi. Ho già dimostrato in un' altra Memoria, scrivendo il polso del cervello e dell' antibraccio, che questo è un fenomeno del tutto locale. Esso non dipende da un aumento nell' energia delle sistoli cardiache, ma è un rilassamento delle pareti vasali prodotto dalla diminuzione della circolazione sanguigna nel cervello. Questa paralisi dei vasi, che appare sempre quando diminuisce la loro nutrizione, è un fatto che può dimostrarsi colla più grande facilità nel braccio, premendo colle dita l'arteria omerale e lasciando che dopo un certo tempo il sangue penetri liberamente nel medesimo.

Tengo ora sott'occhio tutta la serie delle esperienze che ho fatto colla compressione delle carotidi, sopra Caterina X, Thron e Bertino: e faccio il paragone della elevazione che succede nel polso cerebrale quando si ristabilisce la circolazione, col fenomeno analogo che osservasi nell'antibraccio quando viene compressa l'arteria omerale sopra queste tre persone e sopra quattro altri individui. La differenza è così grande che credo inutile di riferire altri tracciati dopo quelli che pubblicai per enunciare senz'altro il fatto « che i vasi del cervello sono molto più sensibili di quelli del braccio, per ogni arresto benchè fugace della circolazione sanguigna ».

Sono dolente che di rado mi sia venuto il destro di fare delle osservazioni sulla fisiologia comparata dei vasi sanguigni. È questo un campo non ancora esplorato e che promette di essere fecondo di buoni risultati.

§ 2.

La grande vulnerabilità dei vasi sanguigni e il loro dilatarsi per ogni squilibrio della nutrizione, appena diminuisce l'afflusso del sangue, costituiscono probabilmente

uno dei meccanismi con cui nella natura vengono assicurate le funzioni degli organi più importanti alla conservazione della vita. Infatti il mezzo più efficace per riparare immediatamente i danni succeduti nella nutrizione, e quindi nelle funzioni del cervello, e di qualsiasi parte del corpo, per una diminuzione od arresto della circolazione, è precisamente questo di provvedere con una dilatazione automatica ad un afflusso più copioso di sangue.

Ho dato poc' anzi una prova della rapidità grandissima con cui si eseguisce il ricambio della materia nel cervello, dimostrando che un minimo inciampo alla circolazione genera tosto dei fenomeni gravi nelle funzioni di quest'organo.

Il nesso che vincola l'attività psichica ai fenomeni della circolazione è così stretto che io non dubiterei di asserire, che fra tutti gli organi il cervello è il meno indipendente dalle funzioni per così dire materiali del corpo. Gli stessi organi di senso gli sono in questo riguardo immensamente superiori per la resistenza che essi oppongono agli agenti esterni. Noi possiamo produrre un'ischemia di tutto l'antibraccio e cacciare letteralmente il sangue con un bendaggio elastico per 20 ed anche per 25 minuti, senza che gli apparecchi sensibili del sistema nervoso siano privati delle loro funzioni di trasmettere le impressioni tattili, o calorifiche, o dolorose, mentre che nel cervello, in uno spazio di tempo 300 volte minore, una diminuzione non già un arresto completo dell'afflusso sanguigno, basta per abolire la coscienza.

Alla base del cranio si trova una disposizione dei vasi unica in tutto l'organismo. Perchè fosse assicurata la circolazione negli emisferi cerebrali i vasi si uniscono insieme per formare il poligono di Willis. I rami che partono da questo circolo arterioso per irrorare il cervello, oltre all'origine comune, sono provveduti di ricche anastomosi per cui, quando sul corso di un'arteria venisse a presentarsi un ostacolo, immediatamente tutte le altre arterie vengono in soccorso. Questa riunione delle arterie nel poligono di Willis, benchè costituisca il più semplice ed il più opportuno di tutti i meccanismi per tutelare le varie parti del cervello dai danni di una pressione accidentale delle carotidi, o delle vertebrali, non basta ad una compensazione completa. Malgrado lo studio posto dalla natura, se così è lecito esprimermi, per tutelare le funzioni del cervello, queste appunto perchè sono le più nobili dell'organismo richiedono una trasformazione così rapida della materia negli organi, dove si svolge la loro attività, che qualsiasi congegno di compensazione diventa inferiore al suo bisogno appena diminuisce la razione dell'alimento sanguigno. M. Schiff aveva già trovato che la compressione di una sola carotide produce dopo 20 secondi, e talora anche prima, una diminuzione della sensibilità nella metà opposta del corpo, e vera paralisi dopo 30 o 40 secondi.

Questa sensibilità grande del cervello per le azioni debilitanti è anche più evidente dall'esperienza da noi riferita colla fig. 82; dove il sangue che penetrava dalle due arterie vertebrali in soli 8 secondi non bastò più per conservare le condizioni materiali necessarie alla coscienza.

La congestione venosa anche quando dura pochi secondi lascia una traccia visibile nello stato dei vasi cerebrali. L' ostacolo che viene messo al rinnovamento del sangue coll'efflusso diminuisce il tono delle pareti vasali ed agisce in modo analogo all'anemia, benchè in grado molto minore. Riferisco solo due tracciati delle esperienze che ho fatto sopra Bertino. Tavola VII. linea 43 e 44.

La compressione veniva fatta con un nastro che allacciavasi strettamente intorno al collo in modo da impedire la circolazione del sangue nelle vene giugulari. Le valvole di Müller ci indicano colle loro oscillazioni il numero delle bolle d'aria che uscirono dall'apparecchio. Se paragoniamo le pulsazioni cerebrali prima e dopo la compressione delle vene giugulari, noi vediamo che dopo è maggiore la loro altezza. Scrivendo contemporaneamente il polso dell' antibraccio potei persuadermi che questo fenomeno era dovuto ad una diminuzione del tono vasale, perchè esso mancava in questa parte del corpo.

Fino da quando incominciai le mie indagini sulla circolazione del sangue nel cervello dell' uomo, dovetti persuadermi che la quantità del sangue nel cranio può aumentare notevolmente senza che le funzioni intellettuali e lo stato psichico subiscano dei gravi cambiamenti.

Se si tratta di una semplice congestione venosa ciascuno comprende facilmente che il fatto è di minor importanza per la nutrizione del cervello; ma la cosa è molto più grave per la teoria ora generalmente accettata dai fisiologi, intorno alla natura dei fenomeni cerebrali, e alla loro dipendenza dalla circolazione sanguigna, quando vediamo che può esistervi una considerevolissima iperemia arteriosa senza che le funzioni intellettuali subiscano la più leggera modificazione.

Tale è stato il caso esposto nel precedente capitolo sul nitrito di amilo, sotto la cui azione vediamo aumentare considerevolmente la circolazione del cervello e crescere il volume del medesimo e dilatarsi le arterie, senza che nulla insorga nello stato psichico, eccettuata l'inevitabile sensazione di calore aumentato alla pelle del volto.

La mancanza di correlazione fra la quantità del sangue contenuto nel cranio e l'attività cerebrale, parmi sia dovuta a ciò che nell'attività psichica il sangue deve circolare nei vasi del cervello sotto una pressione aumentata, perchè siano più attivi i processi del ricambio materiale. Dilatandosi i vasi del cervello per un'azione paralizzante, come quella del nitrito di amilo, benchè sia maggiore la quantità di sangue contenuto nell' albero arterioso, possiamo imaginare, che essendo minore la pressione, sia nullo l'effetto utile di questo accumulo di sangue nel cervello. Nell'attività cerebrale benchè fosse minore l'aumento di volume che noi abbiamo osservato, era ciò nullameno più attiva la circolazione, perchè il sangue scorreva nei vasi cerebrali con una pressione ed una velocità maggiore.

Quando si piega il capo all'innanzi succede come è facile ad intendersi una congestione venosa ed un aumento di volume del cervello. Dopo i tracciati che pubblicai insieme al prof. Giacomini [1] credo inutile di riferire altre osservazioni fatte in proposito su Thron e su Bertino.

[1] *Esperienze sui movimenti del cervello nell'uomo.* Archivio delle scienze mediche, 1876 fasc. 3°.

CAPITOLO XIV.

Sulla circolazione del sangue nel cranio intatto.

§ 1.

Nella mia introduzione ad una serie di esperienze sui movimenti del cervello nell'uomo (') ho già trattato la parte storica e critica di questo argomento, fino ad ora assai controverso. Per ragione di brevità non credo opportuno di ripetere qui le considerazioni che ho fatto in proposito. Ricorderò solo, che i fisiologi erano divisi in due scuole: l'una che negava recisamente l'esistenza dei movimenti cerebrali nel cranio intatto e l'altra che invece li ammetteva. Dopo che dimostrai falsa l'interpretazione dell'esperienza di Bourgougnon che figurava nei trattati come una prova decisiva della mancanza di ogni movimento cerebrale nel cranio illeso, mi parve vi fosse ragione sufficiente per ammettere l'opinione contraria. Però gli argomenti che adoperai nel sostenere questa tesi erano unicamente fondati sull'analogia, sull'induzione, o su considerazioni anatomiche; e mancava l'*experimentum crucis*, il quale dimostrasse in modo evidente che la circolazione del cervello subisce tutte le modificazioni che abbiamo osservato in altre parti del corpo e nel cranio aperto.

In questo capitolo noi esamineremo il problema della circolazione cerebrale sotto un nuovo punto di vista. Pensando che il cranio forma una scatola resistente, chiusa da tutte le sue parti io mi immaginai che il sangue venoso dovesse circolarvi sotto una pressione maggiore perchè alla *vis a tergo* si aggiunge qui una forza che manca in altri organi del corpo, cioè la dilatazione pulsatoria delle arterie. L'onda sanguigna che penetra nel cranio produce una diastole di tutte le arterie cerebrali; questa dilatazione dell'albero arterioso, che si compie colla forza della sistole cardiaca, genera una pressione sulle vene cerebrali, ed il sangue venoso riceve una spinta ad ogni pulsazione, che lo fa passare nei seni del cranio sotto una pressione maggiore che non avrebbe per la semplice *vis a tergo*. L'esperienza fatta sopra un cane provò l'esattezza di questo ragionamento.

Feci la trapanazione del cranio sulla linea mediana, scopersi il seno longitudinale e lo ferii in modo da non penetrare nella cavità delle meningi, perchè non potesse confondersi il risultato di questa esperienza colla pressione sotto cui trovasi il liquido cefalorachideo. L'unione del seno con un manometro era fatta per mezzo di un tubo metallico, che aveva il medesimo diametro della corona del trapano e che si vitava con forza nelle pareti del cranio.

Per avere una misura esatta della differenza che osservasi nelle vene del cranio in confronto colle altre parti del corpo dove è maggiore la pressione mi servii del manometro differenziale; e misi in rapporto la pressione della vena crurale con il seno cerebrale. Ecco sommariamente alcuni dati intorno ad una di queste esperienze.

Scelgo un grosso cane, lo cloroformizzo e quindi preparo la vena crurale, in cui introduco una cannula ed un tubo che va al manometro differenziale a mercurio.

(') Archivio per le scienze mediche. Anno I. fasc. 2, 1876.

Quindi faccio la trapanazione del cranio alla regione frontale nella parte libera dell'osso che rimane in mezzo all'angolo fatto dall'inserzione dei masseteri.

L'osso è spesso molto: stacco con precauzione la rotella. Aspetto che sia alquanto cessata l'emorragia venosa della diploe, e vito il tubo che ha una forma leggermente conica. Per mezzo di un coltellino ferisco quindi il seno che sta nel mezzo dell' apertura. Succede una forte emorragia, e il sangue venoso zampilla dal tubo.

Stabilisco subito la comunicazione coll' altro ramo del manometro differenziale e trovo che la pressione dalla parte del cranio è tre centimetri più forte che nella vena crurale. L'animale in questo istante è profondamente cloroformizzato. A misura che va risvegliandosi, e diventano più profondi i movimenti respiratorî, cresce pure questa differenza: finchè raggiunge 6 centimetri in più dalla parte del cranio.

Per rendere più semplice l'esperienza io avevo adoperato prima la precauzione di mettere l' animale ed il manometro in posizione tale che il tubo del cranio, la cannuccia della vena crurale e il livello del mercurio nei due rami del manometro si trovassero esattamente nel medesimo piano orizzontale. Nè tralasciai alcuna precauzione perchè la gamba fosse sospesa in modo da lasciare libera la circolazione.

Cloroformizzo di nuovo il cane, e la differenza fra la pressione nel seno e nella vena diminuisce. Nel momento in cui l'animale è insensibile e la respirazione leggerissima, la pressione nel cranio è ancora più alta di un centimetro che nella vena crurale. Lascio svanire l'azione del cloroformio e quando la differenza raggiunge nuovamente 55 millimetri di mercurio uccido l'animale per dissanguamento. L'autopsia dimostra che nella diploe sboccano due grosse vene in vicinanza del foro fatto col trapano. Nel cervello non vi è alcuno stravaso. La ferita attraversa solo una parete del seno senza penetrare nella cavità delle meningi.

Per conoscere esattamente il valore della pressione del sangue venoso nel cranio, mi servo di un manometro semplice a mercurio, che metto in comunicazione col seno longitudinale alla regione frontale nel modo anzidetto. In un cane di media grandezza, mentre l'animale è profondamente cloroformizzato, il manometro segna una pressione di 70 e 80 millimetri: dopo si eleva successivamente fino a 100 e 110. Constatato questo valore della pressione nel seno longitudinale del cranio, uccido l'animale con una ferita del midollo allungato. Infiggo il punteruolo nella cavità della colonna vertebrale ed osservasi un fortissimo aumento della pressione nelle vene del cranio. Il manometro segna una pressione di 160 millimetri di mercurio con forti pulsazioni corrispondenti alle contrazioni lente, ma forti del cuore.

L'autopsia fatta immediatamente dopo dimostra che il coltellino attraversò il seno e penetrò nella cavità delle meningi, dove trovasi un coagulo di sangue senza che però mi sia dato di scorgere una lesione del cervello, o dei suoi vasi. In base a questi risultati che vennero confermati da altre esperienze, credo si possa stabilire « che la circolazione del sangue venoso nella cavità del cranio si fa sotto una pressione che è maggiore di quella che osservasi contemporaneamente nella vena crurale e forse maggiore della pressione venosa in qualsiasi parte del corpo ».

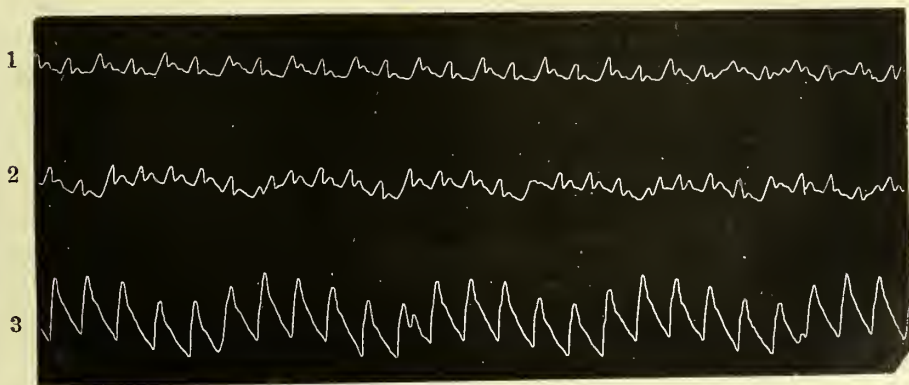
§ 2.

Durante queste misure manometriche io osservai (come già venne indicato nell'ultima esperienza sopra riferita) che la colonna di mercurio presentava dei sollevamenti isocroni alle contrazioni cardiache. Messo in questo modo sulle traccie di un polso venoso nei seni del cranio trovai che questa idea non era del tutto nuova perchè H. Berthold (¹) in una serie di osservazioni fatte per spiegare il fenomeno del polso venoso nel fondo dell'occhio, dice di aver veduto in un cane, in cui aveva legato la vena giugulare comune, uscire il sangue da una ferita della vena giugulare interna con uno zampillo intermittente, come se si trattasse di un'arteria. Questo fatto è vero, ed io potei constatarlo e dimostrarlo graficamente, tanto nella vena giugulare interna in cui introdussi una cannuccia alla sua uscita dal cranio, oppure, ciò che credo più facile per coloro che vogliono ripetere queste osservazioni, piantando un tubo nel cranio che stia direttamente in comunicazione col seno sagittale; meglio ancora sarebbe di portare la corona del trapano nella regione occipitale e di giungere così sul punto di confluenza dei seni craniani nel così detto torchio di Erofilo.

Per scrivere queste pulsazioni invece del manometro a mercurio è meglio servirsi di un timpano a leva che si riempie di bicarbonato di soda e si mette in comunicazione col tubo metallico impiantato nel cranio appena fatta l'incisione della parete superiore del seno, avendo cura di non penetrare a traverso la parete sottostante nella cavità delle meningi. Il timpano di cui mi servo ha il diametro di 20 mm. ed è ricoperto da una membrana elastica abbastanza robusta. Le oscillazioni della membrana si trasmettono alla leva che poggia nel suo mezzo e si scrivono sopra di un cilindro annerito.

Il presente tracciato venne ottenuto con questo metodo dal seno longitudinale. L'autopsia dimostrò che la ferita era limitata solo alla parete superiore del seno, e che non si penetrò nella cavità delle meningi, perchè non vi era nè iniezione, nè stravaso alla superficie corrispondente del cervello.

La linea 1, fig. 84, rappresenta il polso del sangue venoso nella cavità del cranio,

Fig. 8

1 e 2. *Polso venoso del seno longitudinale nel cranio del cane.* — 3. *Polso della carotide ottenuto dopo nel medesimo animale.*

(¹) *Zur Blutcirculation in geschlossenen Höhlen.* Centralblatt f. med. Wissensch. 1879 n. 43.

mentre l'animale era profondamente cloroformizzato e la respirazione molto superficiale. La linea 2 venne scritta alcuni minuti più tardi, quando essendo cessata l'azione del cloroformio la respirazione era divenuta alquanto più forte del normale. La linea 3 ci dà un'immagine del polso carotideo scritto col medesimo apparecchio applicato sulla carotide sinistra, dopo di aver reso meno estensibile la membrana del timpano a leva con alcuni giri di un filo di gomma elastica. Si noti la forma anacrotica del polso carotideo in questo cane, che si rivela per mezzo di una leggera piegatura nella parte ascendente della curva di quasi tutte le pulsazioni.

Come si vede dal tracciato 1 e 2 fig. 84, il sangue nelle vene del cranio è animato da un movimento pulsatorio analogo a quello delle arterie. Il polso è dicroto e spesso tricroto, e il tracciato presenta delle oscillazioni respiratorie del tutto identiche a quelle che abbiamo osservato in tutte le arterie del corpo. In base a queste esperienze credo sia ora definitivamente dimostrato che la circolazione arteriosa del cervello può eseguire liberamente nel cranio intatto tutte le variazioni che abbiamo osservato in altre parti del corpo: perchè ad ogni diastole delle arterie succede una sistole delle vene le quali cedono posto al volume del sangue arterioso che penetra nel cervello. E così pure per le influenze respiratorie è l'albero venoso che colle oscillazioni del sangue contenutovi permette l'espandersi o il restringersi dell'albero arterioso. La quantità di sangue contenuto nel cranio, come già aveva detto Cappie [1], non varia, è solo la distribuzione del medesimo fra le arterie, i capillari e le vene che si modifica. L'onda che penetra nell'albero arterioso rimuove una quantità corrispondente di sangue dalle vene ed imprime alla corrente venosa un moto pulsatorio del tutto identico a quello delle arterie. Questo meccanismo ci spiega perchè le vene nella cavità del cranio siano prive di valvole e sbocchino nei seni che hanno pareti resistenti.

La mancanza di valvole nelle vene la riscontriamo pure nella cavità addominale: ed io tengo come molto probabile che la ragione di questa particolarità anatomica, che non aveva fino ad ora ricevuto alcuna spiegazione, sia identica per entrambi le cavità. Se nei mutamenti della pressione addominale per effetto della respirazione il sangue non potesse rifluire, e fosse obbligato dalle valvole a penetrare nel fegato con tutta la forza della pressione addominale, io credo che gli sforzi violenti avrebbero delle conseguenze nocive per il sistema della vena porta e le funzioni del fegato.

È probabile che nella cavità del cranio la mancanza di valvole abbia per ufficio di facilitare i mutamenti della circolazione cerebrale, per cui il vuoto che tenderebbe a prodursi durante la contrazione delle arterie, viene facilmente compensato del riflusso del sangue venoso.

I continui cambiamenti di volume cui è soggetto il cervello per la diastole delle sue arterie, e per l'influenza della respirazione, e forse anche lo stesso peso di quest'organo nelle varie posizioni del capo, potendo mettere facilmente ostacolo allo sgorgo venoso, era necessario che i grossi tronchi di efflusso si trovassero al sicuro da qualsiasi cambiamento nel volume del cervello. Questo scopo venne raggiunto per mezzo della disposizione che tutti conosciamo, di far sboccare i piccoli rami venosi nella cavità resistente dei seni. La rigidezza di questi canali venosi costituisce il più semplice dei

[1] F. Cappie, *Ueber die Beziehung des Schädelinhalts zu dem Druck der Atmosphäre.* Edimb. med. Journ. XX. pag. 105, 1874. Schmidt's Jahrbücher. 1875 pag. 131.

meccanismi con cui potesse risolversi il problema complicatissimo di tutelare la circolazione del cervello, lasciando libere le arterie e i capillari di espandersi o di restringersi mentre tutto l'organo rimane chiuso per sua difesa nella scatola resistente del cranio.

Le idee che io espressi già nel capitolo intorno alla natura del sonno mi dispensano da altre considerazioni teleologiche intorno alle disposizioni anatomiche su cui ho chiamato ora l'attenzione del lettore. Ammessa la necessità che tutti gli organismi debbano adattarsi alle condizioni esterne, e che le funzioni dei loro organi debbano modificarsi nel modo che è più acconcio alla loro conservazione, noi possiamo per ragioni di brevità servirci del vecchio linguaggio.

§ 3.

Venne fino ad oggi generalmente ammesso che il liquido cefalorachideo spostandosi lasciasse facilità ai mutamenti di volume del cervello. Questa teoria dei movimenti del liquido cefalorachideo può facilmente dimostrarsi inesatta. Le resistenze grandi che dovrebbe vincere il liquido cefalorachideo per passare dalla cavità del cranio in quella delle vertebre ci permettono già di supporre a priori che nessun spostamento del liquido ha luogo per le pulsazioni del cervello.

Quando noi mettiamo un manometro in comunicazione col liquido cefalorachideo contenuto nella cavità vertebrale, oppure osserviamo la membrana atlanto occipitale, e vediamo che presentano entrambi delle oscillazioni in rapporto colla respirazione, ciò non vuol dire che il liquido passi dalla cavità vertebrale in quella del cranio, o viceversa. Ho già dimostrato in un'altra Memoria, come le deduzioni opposte che Magendie, Ecker e Richet tirarono da simili osservazioni siano del tutto arbitrarie, e come dietro le loro considerazioni si possa solo conchiudere che la pressione sotto cui trovasi il liquido cefalorachideo diminuisce nell'inspirazione e cresce nell'espirazione.

Le esperienze che ho fatto in questo riguardo mi permettono di negare recisamente il passaggio del liquido cefalorachideo dall'una cavità nell'altra ad ogni pulsazione, e vedremo come si debba negare un simile passaggio anche pei cambiamenti di volume maggiori e più lenti che succedono nei centri nervosi per effetto della respirazione moderata.

Salathé [1] in una serie di esperienze fatte nel laboratorio del prof. Marey intorno ai movimenti del cervello, dimostrò già del resto per mezzo di due aperture fatte col trapano nel cranio e nella colonna vertebrale, cui applicò un apparecchio registratore, che i tracciati delle oscillazioni respiratorie decorrono paralleli. Egli trovò cioè che il liquido cefalorachideo si elevava contemporaneamente nei due tubi durante l'espirazione e si abbassava nell'inspirazione.

Credo quasi inutile avvertire che non intendo menomamente negare l'esistenza di una comunicazione fra la cavità vertebrale e quella del cranio, giacchè io mi sono studiato in una precedente Memoria di mostrare che realmente può esistere il passaggio del liquido da una cavità all'altra. Negli ultimi lavori che si pubblicarono recentemente intorno a questo argomento da Richet, da me, da Salathé e da altri si ammise che la quantità di sangue ricevuta dal cervello colla sistole cardiaca, essendo

[1] *Recherches sur les mouvements du cerveau.* Paris 1877 pag. 111.

più considerevole, una quantità corrispondente del liquido cerebro-spinale doveva abbandonare nel medesimo istante la cavità del cranio e passare nella cavità vertebrale. Così pure in seguito ad una espirazione, o ad uno sforzo i vasi intracraniani contenendo più sangue, il liquido sotto aracnoideo passava nella cavità delle vertebre, per ritornare nel cranio coll'inspirazione successiva. Malgrado tutte le considerazioni e le indagini fatte in proposito manca però sempre un esperimento il quale mostri chiaramente che nelle condizioni normali vi sia realmente per effetto dei movimenti del cuore e della respirazione un passaggio del liquido cefalorachideo dalla cavità del cranio nello speco vertebrale, o viceversa.

Per trovare la soluzione di questo problema ho fatto delle esperienze sull'uomo in un caso di spina bifida [1], e sugli animali. In un grosso cane pianto un tubo

[1] *Esperienze fatte col prof. Fubini in una bambina affetta da spina bifida.* — Riferisco per sommi capi alcune osservazioni fatte col prof. S. Fubini in un caso di spina bifida, di cui pubblicheremo fra poco estesamente la storia. Si tratta di una bambina di 6 mesi che aveva un tumore alla regione lombare grosso quanto un uovo di piccione, il quale comunicava direttamente colla cavità vertebrale, e svotavasi facilmente per mezzo della compressione. Alla sommità del tumore la pelle era così sottile che scorgevasi per trasparenza il liquido acquoso di cui esso era ripieno, per cui temevamo che da un istante all'altro il tumore potesse aprirsi. Vedendo che le condizioni erano favorevolissime per studiare i movimenti del liquido cefalo-rachideo nella cavità vertebrale dell'uomo, ci affrettammo a fare una serie di esperienze per vedere se fosse possibile di scoprire un movimento pulsatorio nel tumore.

Il primo apparecchio che adoperammo era fatto come un piccolo cappello di guttaperca il quale ricopriva col suo cocuzzolo tutto il tumore e chiudeva ermeticamente colla falda la base del medesimo, aderendo alla pelle circostante nella regione lombare. Un tubetto di vetro impiantato sul cocuzzolo faceva comunicare l'aria che stava fra il tumore ed il cappello con un timpano registratore di Marey. I tracciati ottenuti, mentre la bambina era immobile e dormiva col dorso in alto, ci mostrarono che la respirazione tranquilla e superficiale esercitava una influenza cospicua sul volume del tumore: ma non ci fu possibile di scorgervi alcuna pulsazione che corrispondesse al ritmo dei battiti cardiaci. Provammo a riempire con acqua lo spazio compreso fra il cappello di guttaperca e il tumore, ma non potemmo scorgervi alcuna pulsazione. I movimenti della colonna liquida in una pipetta sottile tenuta orizzontalmente corrispondevano a quelli della respirazione e notammo come prima che ad ogni inspirazione succedeva una diminuzione nel volume del tumore e che questo ingrossava ad ogni espirazione.

Riusciti inutili questi tentativi per trovare un movimento pulsatorio sincrono coi battiti cardiaci, tentammo un altro metodo; quello cioè di ingrandire i movimenti della pelle alla sommità del tumore per mezzo di una leva applicata direttamente nel punto dove questa era più sottile. Con del gesso sciolto nell'acqua tiepida prendemmo la forma del tumore dopo averlo prima unto leggermente con olio. Staccata la forma dalla regione lombare riempimmo la cavità della medesima con acqua e trovammo che il tumore aveva il volume di circa 14 cent. cubici. Facemmo quindi una apertura sulla parte superiore della forma in modo che si vedesse sotto la punta del tumore. Sui bordi di questa apertura larga 1 centimetro piantammo una piccola leva leggera lunga 20 centimetri. Presso il fulcro della medesima un'asticella sottile messa ad angolo retto colla leva, terminava in una pallottolina di cera e poggiava sul vertice del tumore. La forma di gesso dava così un solido punto di appoggio alla leva, e la cavità della medesima essendo spalmata di grasso, i movimenti di espansione e di restringimento del tumore venivano a concentrarsi nella parte superiore del tumore lasciata libera in contatto colla leva. Anche con questo metodo non vedemmo che delle oscillazioni respiratorie molto distinte e qualche sinuosità sul vertice delle oscillazioni che non possiamo dire con certezza che corrispondessero sempre al ritmo dei movimenti cardiaci. Le condizioni favorevolissime in cui vennero fatte queste osservazioni e la diligenza da noi adoperata nell'eseguirle danno un valore a questi risultati negativi, in quanto che ci fanno ritenere che nella spina bifida manchi un

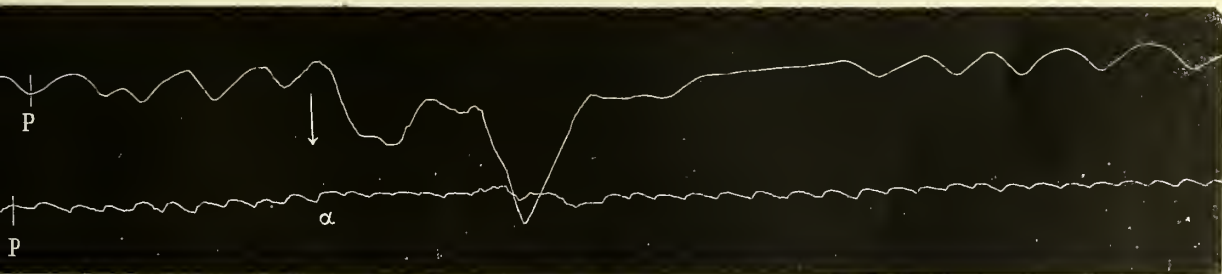
nell'arco di una vertebra lombare e metto il liquido cefalorachideo in comunicazione con un timpano registratore nel modo anzidetto. Faccio un altro foro col trapano nelle pareti del cranio senza ledere il seno longitudinale e scrivo con un apparecchio analogo al primo i movimenti del liquido cefalorachideo. Le pulsazioni di quest'ultimo sono forti, quelle del liquido spinale nella regione lombare appena visibili. Aumento successivamente la resistenza della membrana elastica nel timpano cerebrale avvolgendo un filo sottile di gomma elastica che impedisce i movimenti di elevazione della membrana elastica e del disco di alluminio su cui poggia la leva. Le pulsazioni del timpano lombare non diventano per questo maggiori. Continuo ad avvolgere il filo elastico intorno al timpano cerebrale finchè scompare ogni pulsazione del liquido cefalorachideo nel cranio. Le pulsazioni nella cavità vertebrale sono sempre uguali ed appena visibili.

Dopo questa esperienza io credo si possa ammettere che nelle pulsazioni del cervello manca realmente il passaggio del liquido cefalorachideo nello speco vertebrale. Per accettare la prima supposizione dovremmo nelle condizioni di questo esperimento trovare un'altezza maggiore delle pulsazioni del liquido spinale quando è impedita la manifestazione del polso nel cervello. Ciò che non è. La ragione della mancanza

---

movimento pulsatorio del tumore che corrisponda al ritmo delle pulsazioni cardiache. Se vi fosse un passaggio facile del liquido cefalorachideo dalla cavità del cranio in quella dello speco vertebrale, in questo caso, quando noi mettevamo la bambina colla testa più bassa che il livello della regione lombare, noi avremmo dovuto osservare un movimento pulsatorio del tumore: ma anche in queste condizioni mancò ogni traccia di movimento pulsatorio, che corrispondesse alle contrazioni del cuore.

Assai più interessanti per il soggetto trattato in questo capitolo sono le esperienze che noi facemmo sul polso cerebrale di questa bambina durante la compressione del tumore alla regione lombare. Un timpano di Marey applicato sulla fontanella anteriore scriveva il polso del cervello. Perchè i movimenti del corpo non deformassero i tracciati, le esperienze che seguono vennero eseguite tutte nel sonno. Un pneumografo di Marey applicato intorno al torace scrive i movimenti del respiro, linea R fig. 85, mentre la bambina dorme coricata sulla pancia. In ↓ α afferro improvvisamente il

Fig. 85.

C. *Polso del cervello di una bambina, scritto con un timpano di Marey applicato sulla fontanella anteriore.*
R. *Tracciato della respirazione. In ↓ α si comprime il tumore della spina bifida per alcuni secondi.*

tumore colla punta delle dita e lo comprimo in modo da far rientrare nello speco vertebrale più che la metà del liquido contenuto nel tumore. Il polso del cervello diventa più debole. Succede una inspirazione prolungata e profonda. La bambina si sveglia come spaventata e piange alcuni istanti. La balia le presenta il seno, essa incomincia subito a poppare e quindi si riaddormenta. Tanto in questa come nelle precedenti esperienze io osservavo durante la compressione la bambina, e appena mi accorgevo che essa movevasi e si destava, lasciavo libero il tumore che riprendeva immediatamente il volume di prima.

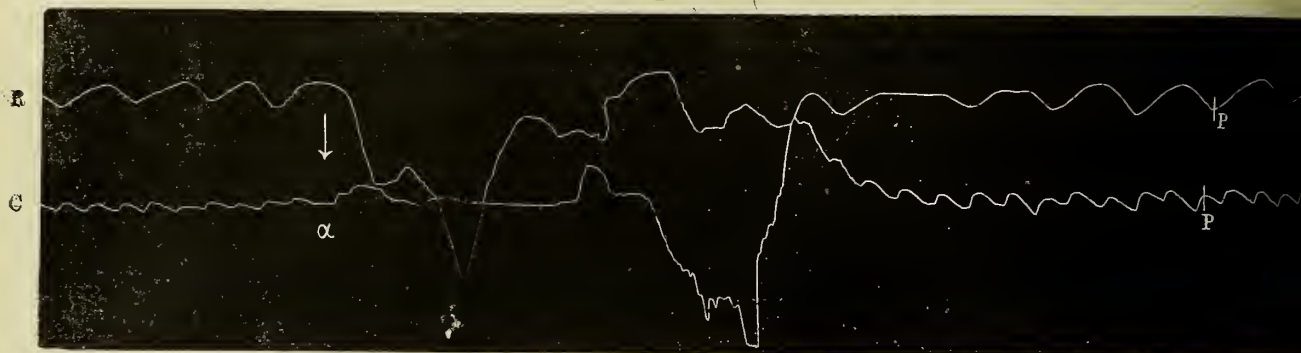
Ripetiamo in differenti giorni la medesima esperienza e sempre è debolissimo e quasi trascurabile l'aumento di volume del cervello, anche quando colla compressione del tumore si fanno

di questo fenomeno sta nel giuoco delle vene che si svotano sotto una pressione molto minore di quella che è necessaria per far passare improvvisamente il liquido cefalo-rachideo dalla cavità del cranio nello speco vertebrale.

---

passare circa 10 o 12 centim. cubici di liquido nello speco vertebrale, come si vede nella fig. 86 dove il tumore venne compresso tanto da farlo scomparire quasi completamente.

Osservando il tracciato del respiro linea R, e quello del polso cerebrale linea C, noi troviamo che anche qui si produce una profonda inspirazione nel momento in cui il tumore viene compresso, ↓ α. La linea del polso cerebrale dopo un leggerissimo aumento ritorna al livello di prima: le pulsazioni scompaiono e il tracciato decorre orizzontale durante tutto il tempo in cui dura la compressione. Le irregolarità che seguono il tratto orizzontale di questo tracciato non hanno più alcun valore perchè la bambina mosse il capo e si voltò spostando il timpano applicato sulla fontanella; invece è assai interessante l'aumento successivo nell' altezza delle pulsazioni cerebrali.

Fig. 86.

Modificazione del respiro R, *e del polso cerebrale* C *prodotta da una compressione più forte del tumore fatta in* ↓ α, *fino a cacciare nella cavità vertebrale circa* 10 *o* 12 *centim. cubici di liquido.*

Avendo ripetutamente osservato che durante la compressione del tumore alla regione lombare scompariva il polso del cervello ci venne il dubbio che l' aumento della pressione del liquido nella cavità dello speco vertebrale potesse produrre un arresto del cuore. Le prime osservazioni fatte tastando il polso della radiale, o l' impulso cardiaco, essendo riuscite incerte, ricorremmo all' ascoltazione; e con essa trovammo che i suoni del cuore divenivano bensì più deboli, ma non si arrestavano durante la pressione aumentata del liquido rachideo.

Escluso il dubbio di un arresto del cuore si deve spiegare altrimenti la scomparsa del polso, e l'altezza più grande delle pulsazioni nel cervello, che si manifesta nella seconda metà della linea C, fig. 86, quando cessa la compressione del tumore. Si può ammettere che in ↓ α una parte del liquido rachideo passi nella cavità del cranio e quivi eserciti una tale pressione sui vasi sanguigni da impedire ogni estrinsecazione del polso. Questa diminuzione della circolazione del sangue nella cavità del cranio spiegherebbe l'aumento successivo delle pulsazioni cerebrali, che io dimostrai essere un effetto costante del rilassamento che segue nei vasi quando diminuisce l'afflusso del sangue in un organo qualsiasi e più che in ogni altro nel cervello. Contro questa spiegazione resta però il fatto, che il cervello durante la compressione aumenta pochissimo di volume anche quando si cacciano dentro la cavità vertebrale circa 10 o 12 centim. cubici del liquido contenuto nel tumore. Sopra 8 esperienze analoghe a quelle riprodotte colle fig. 85 e 86 che tengo ora sott'occhio, il tracciato 86 è uno dei casi dove l'aumento di volume del cervello fu maggiore. La mancanza di una forte elevazione nel momento in cui si comprime il tumore è un fatto da prendersi in considerazione: perchè se il liquido cefalo-rachideo passasse facilmente dalla cavità vertebrale in quella del cranio ci sembra che l'elevazione delle fontanelle dovrebbe essere maggiore: anche tenuto calcolo dell'azione antagonista che esercita sul volume del cervello la forte inspirazione che in questa bambina si produsse in modo costante quando noi aumentavamo la pressione del liquido rachideo.

INDICE

ERRATA CORRIGE

Pag. 29	*linea*	*penultima*:	non si vede che siansi,	*leggi*:	si vede che sonosi
» 30	»	*quart'ultima*:	8 × 26	»	8 × 12
» »	»	*penultima*:	8 × 12	»	8 × 22
» 43	»	27:	Le linee 4 ed 8	»	Le linee 7 ed 8
» 53	»	*quart'ultima*:	espirazione,	»	respirazione

m n

1 A C

2 A C

3 A C

4 A C

5 C A

8 X 22

α
ω

6 R C α

7 R C 9 × 13

8 R C M

10 C A ✝

9 C A I ✝

A
P
N

12 { C, A

M

11 { C, A

14.

13.

16.

15.

C

17.

18.

20 { A, V

D
P
P

17
16
15
K
14
13
H
12
G
11
10
F
9
8
7
6
5
4
3
2
1

E

D

G

A

12

11

10

b

9

8

7

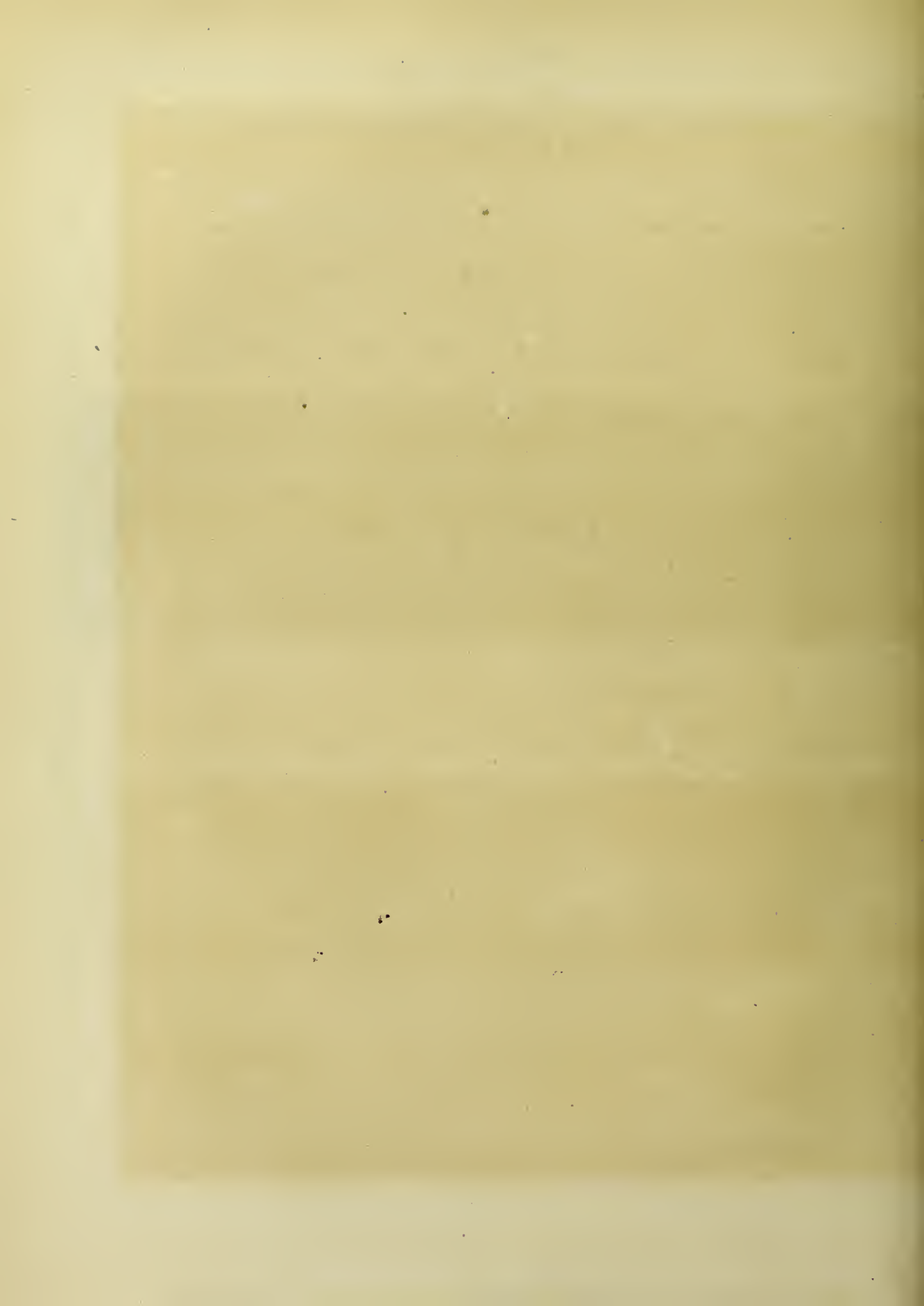
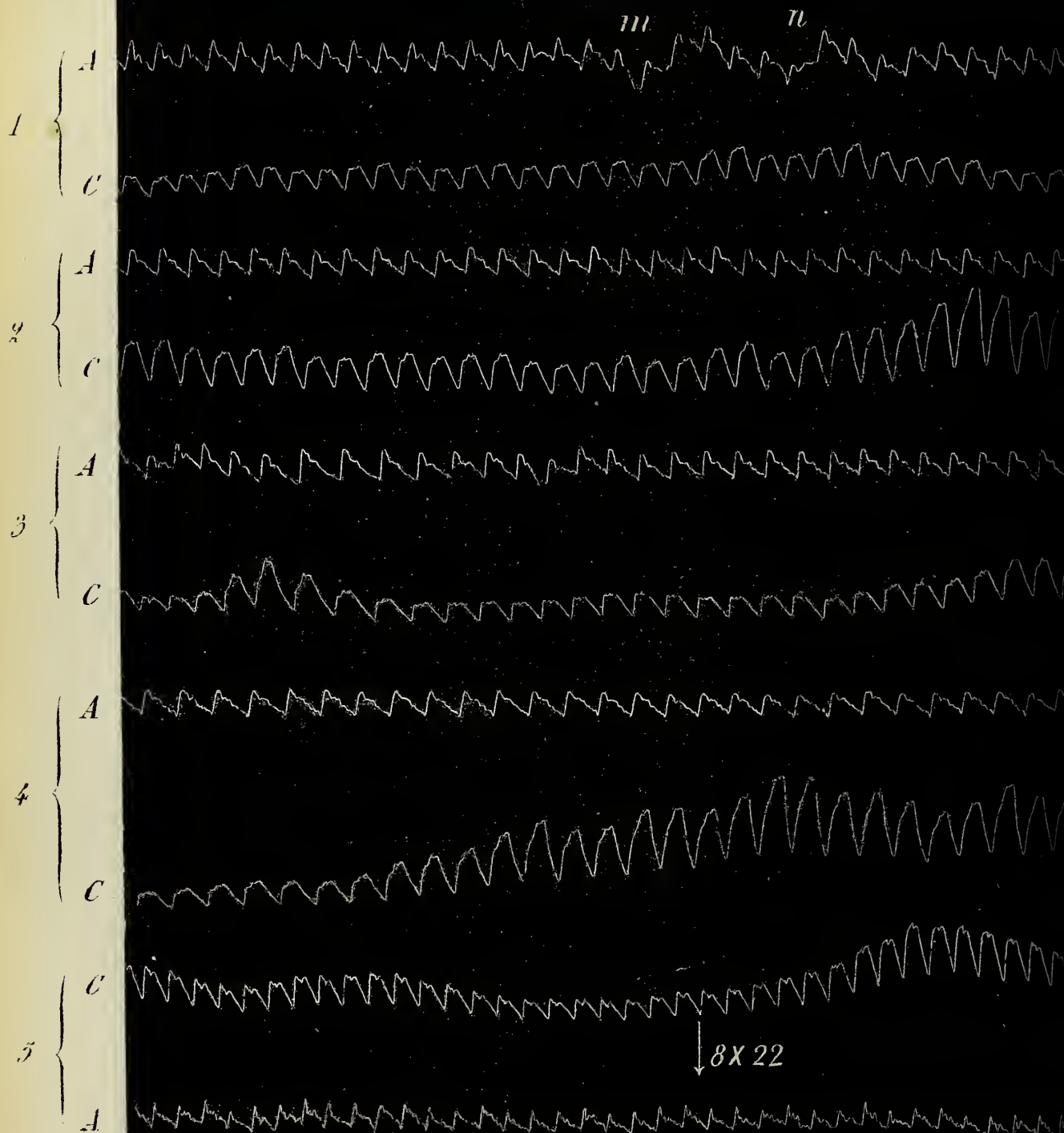
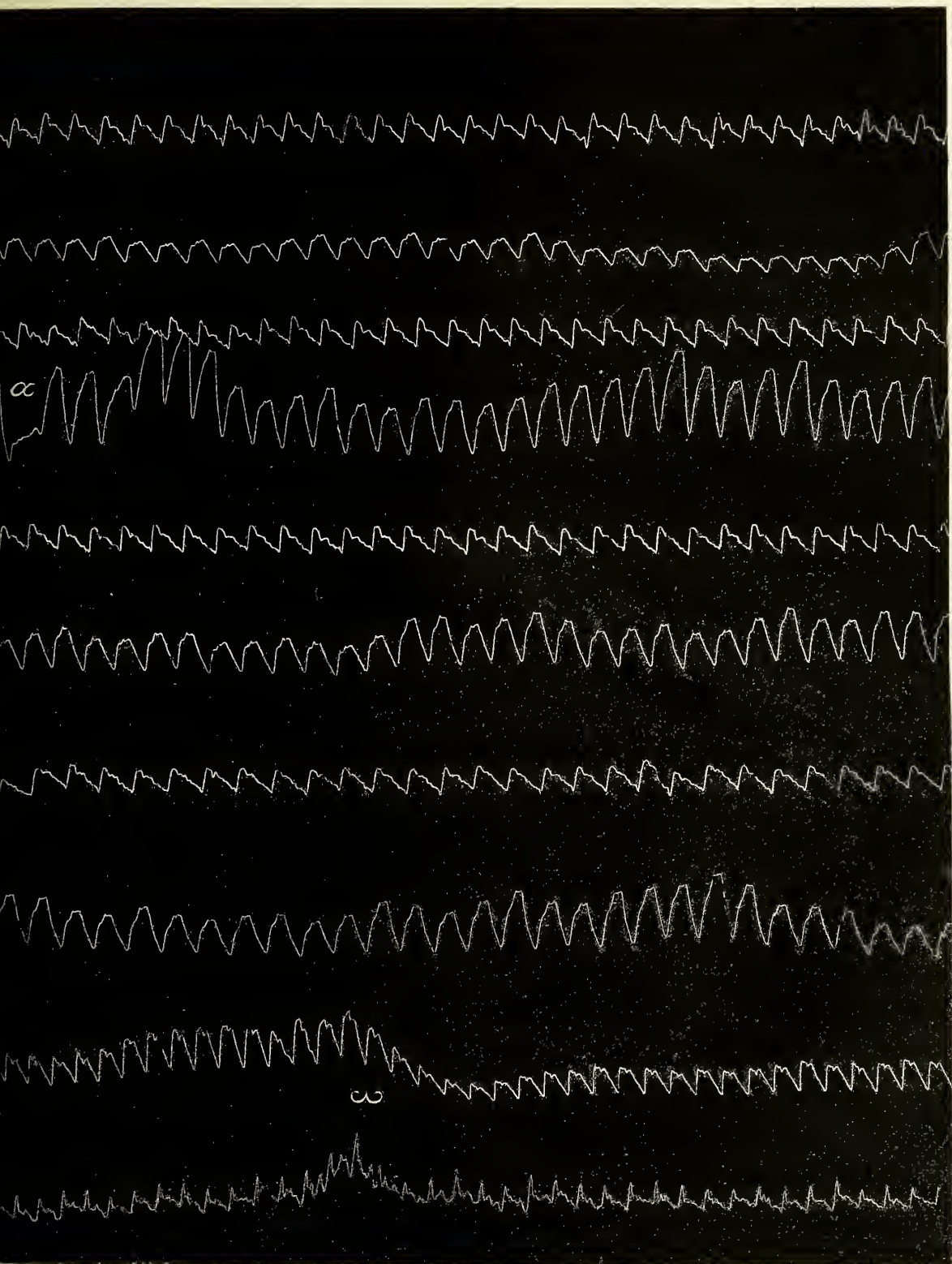
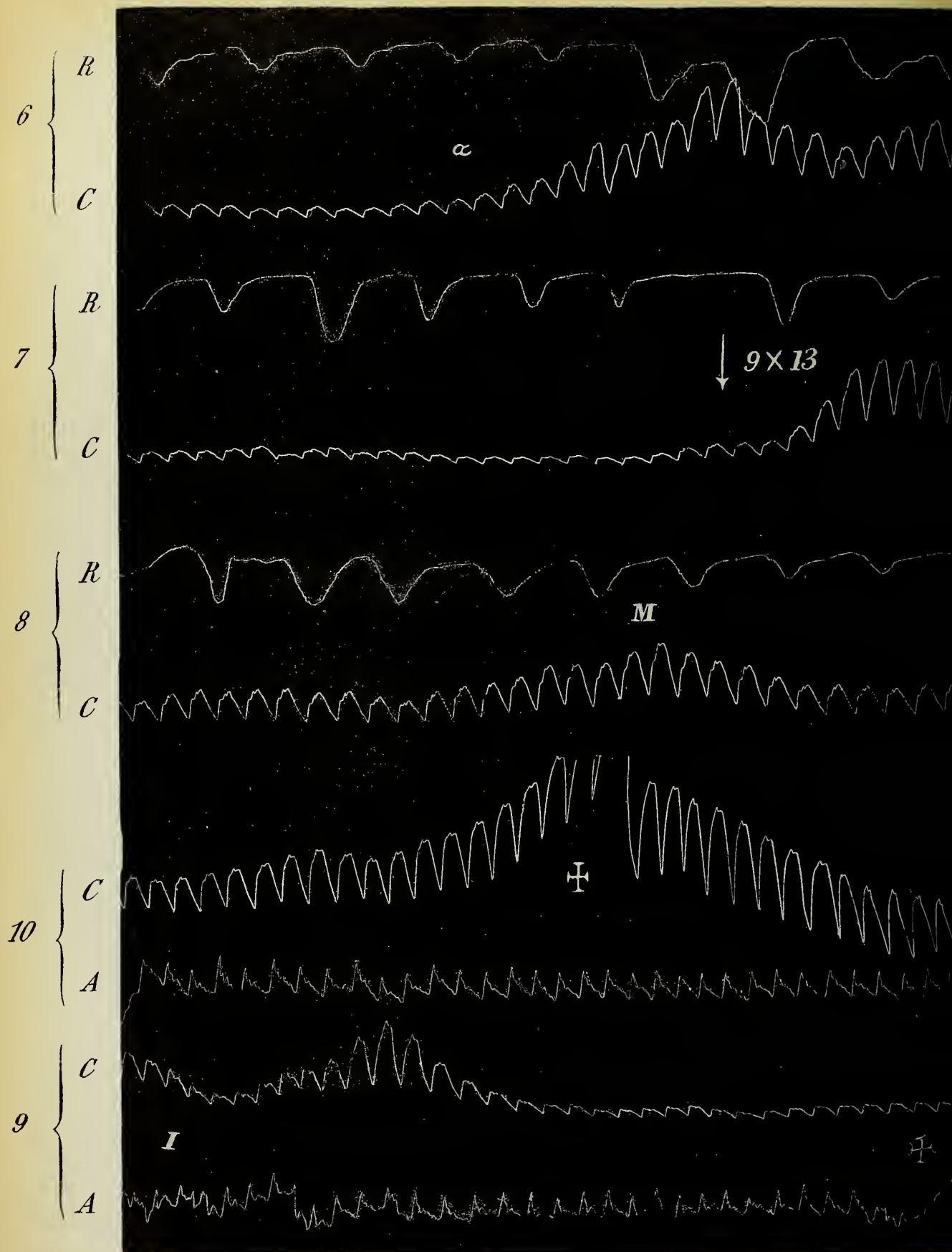
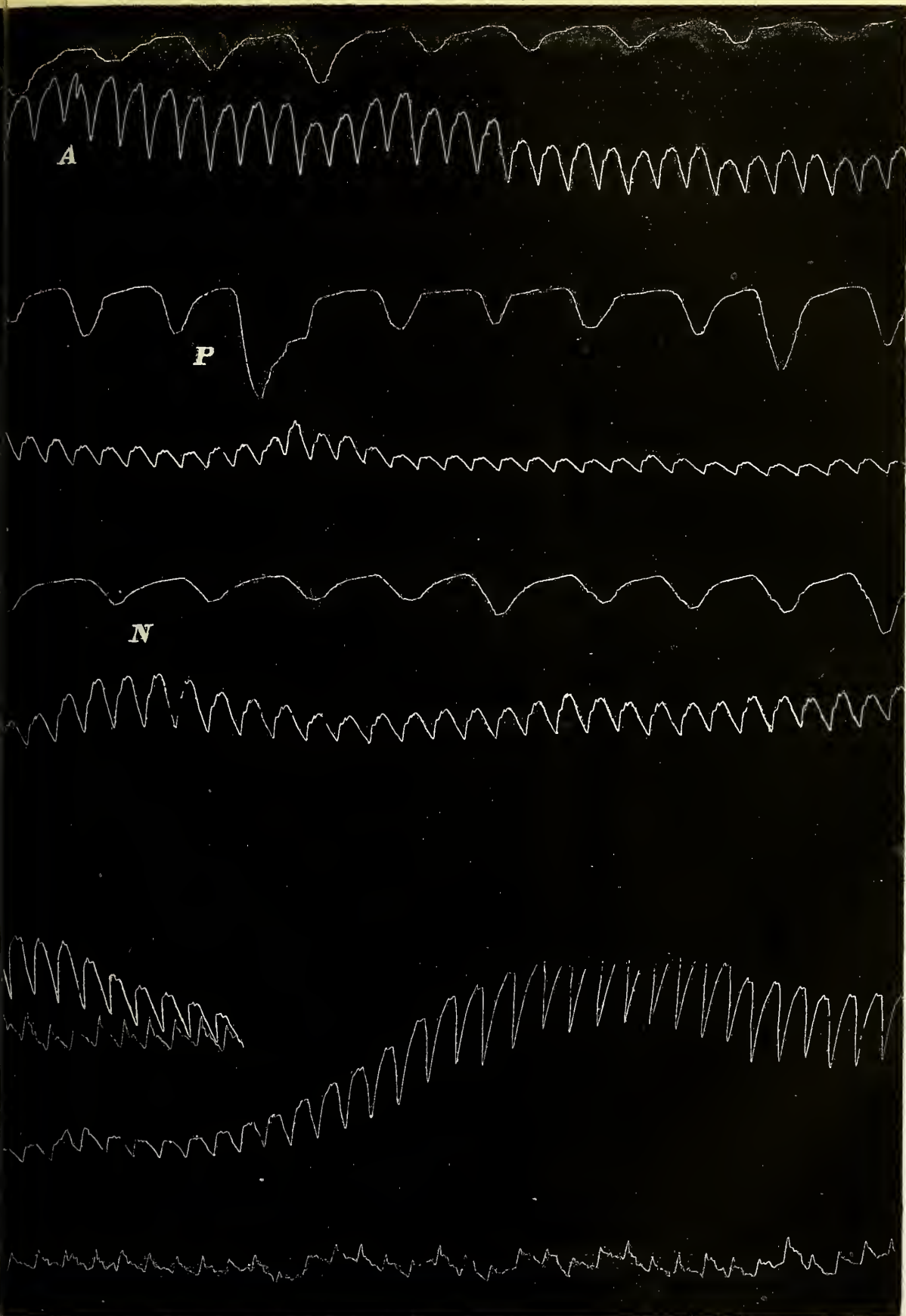
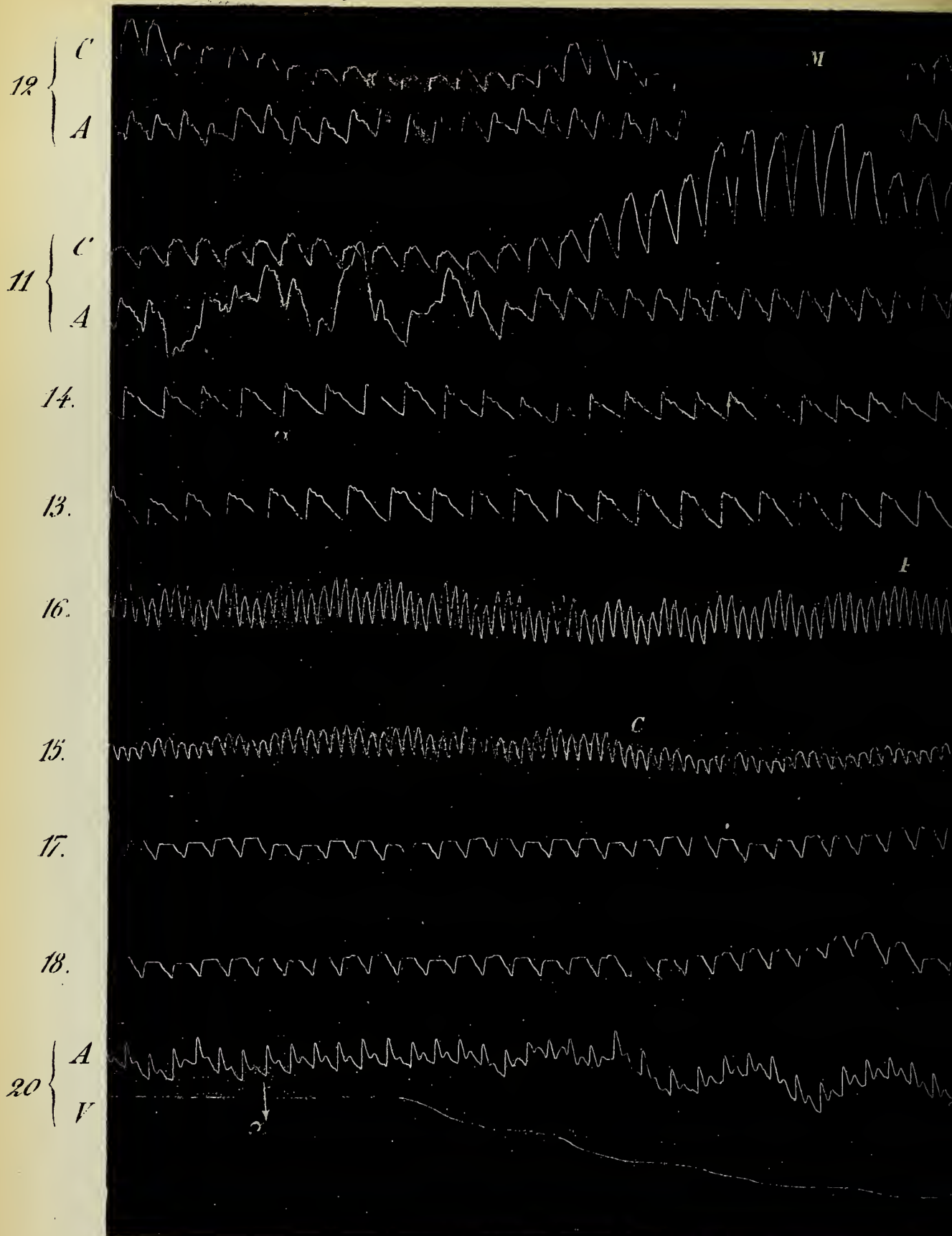
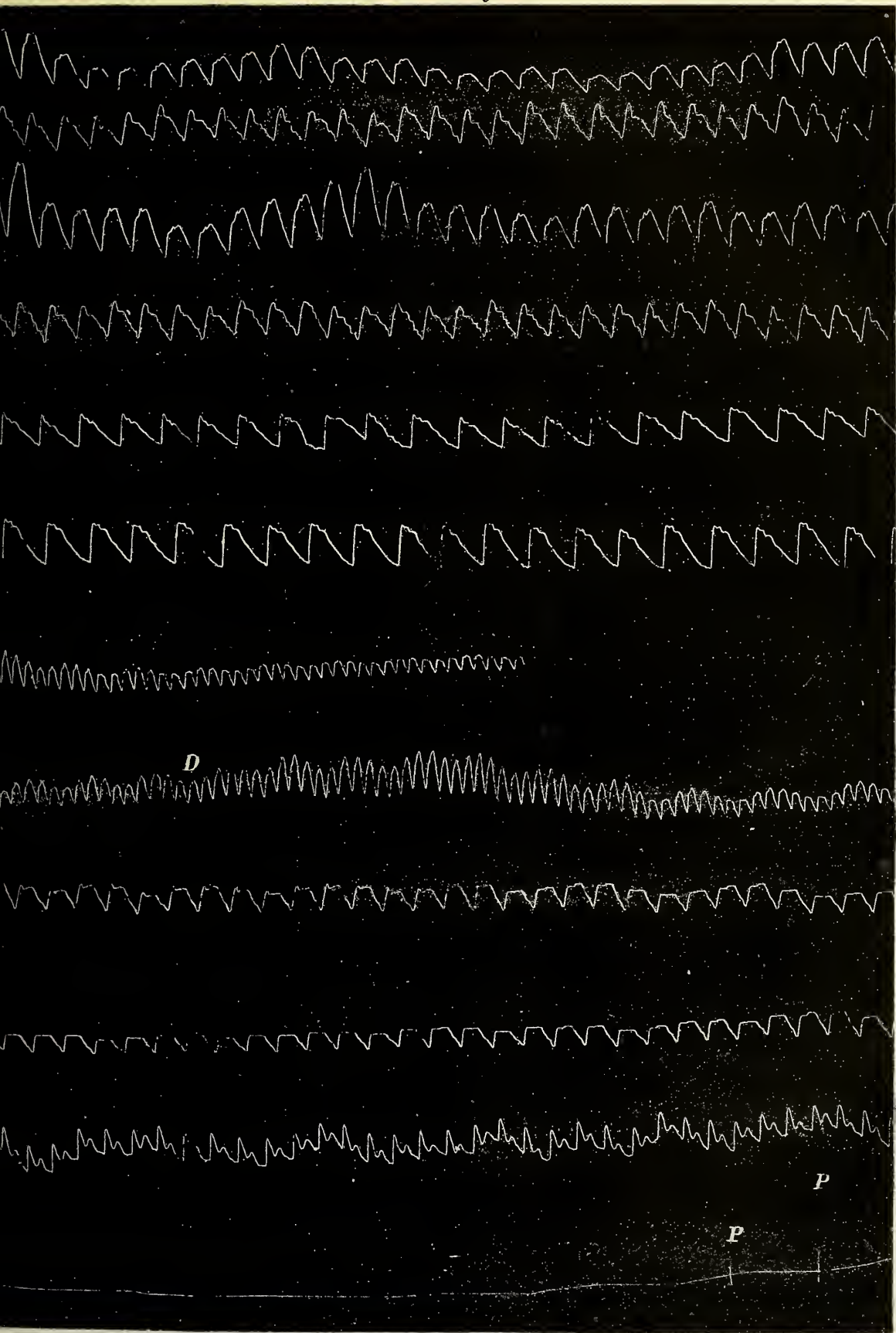
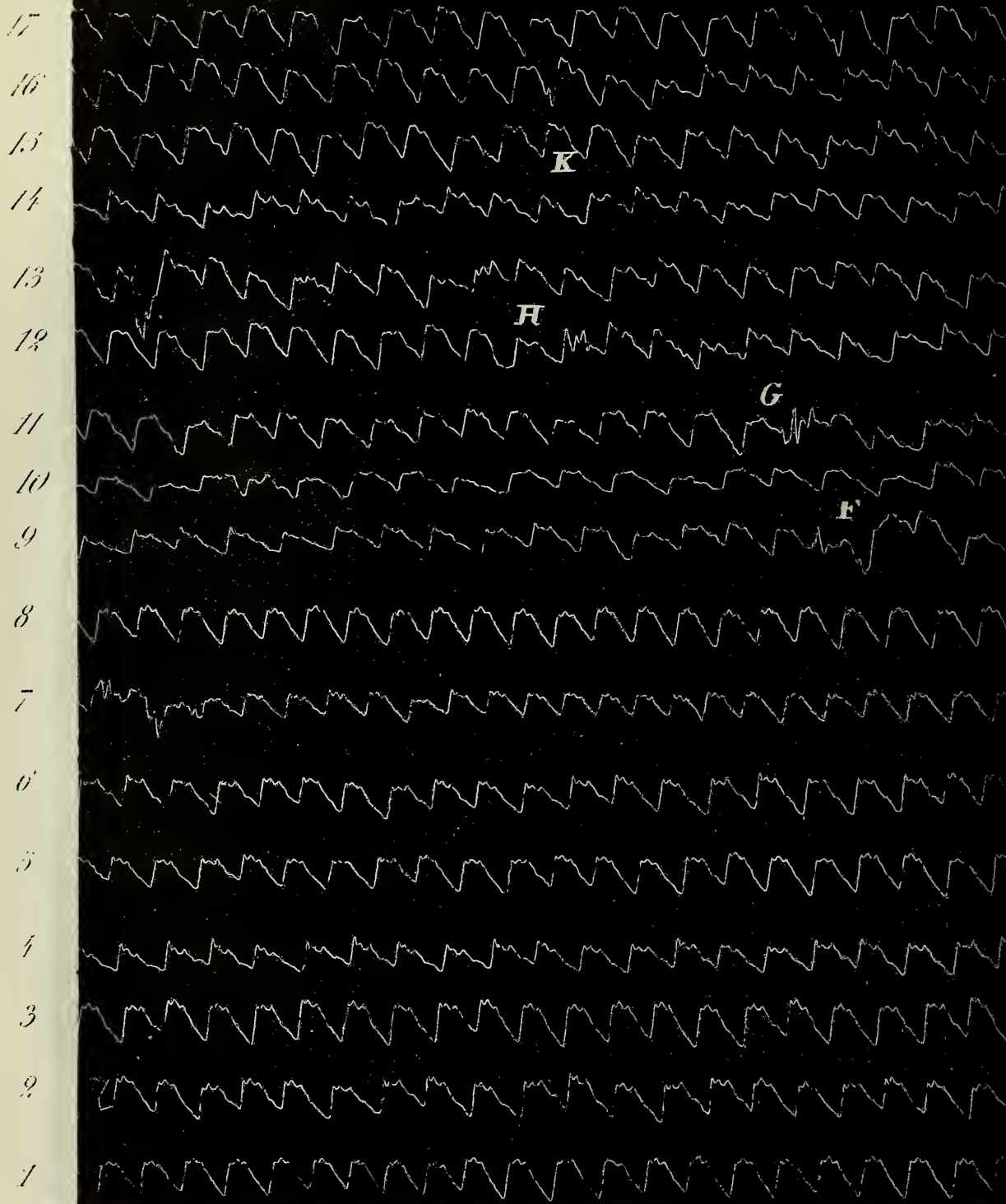
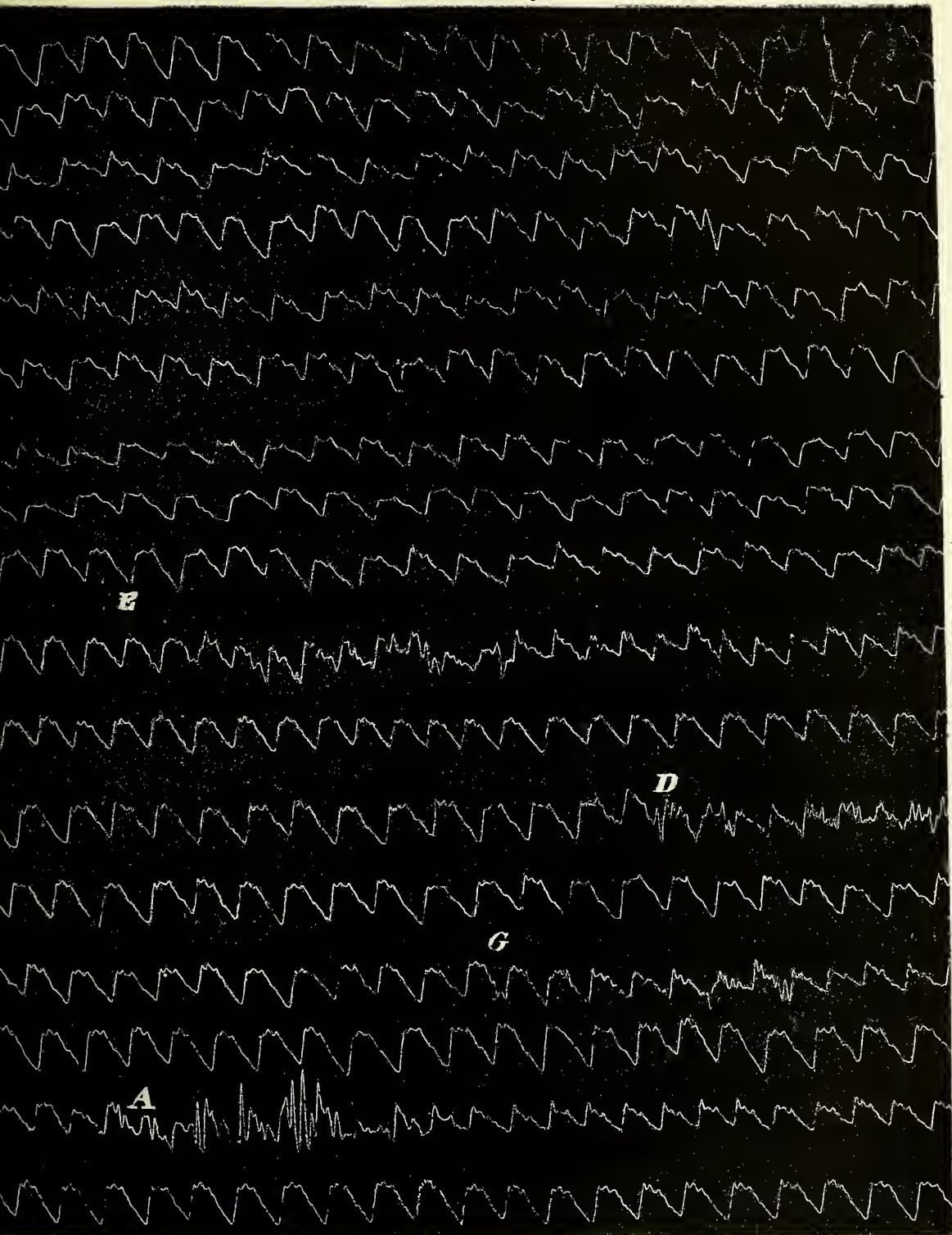
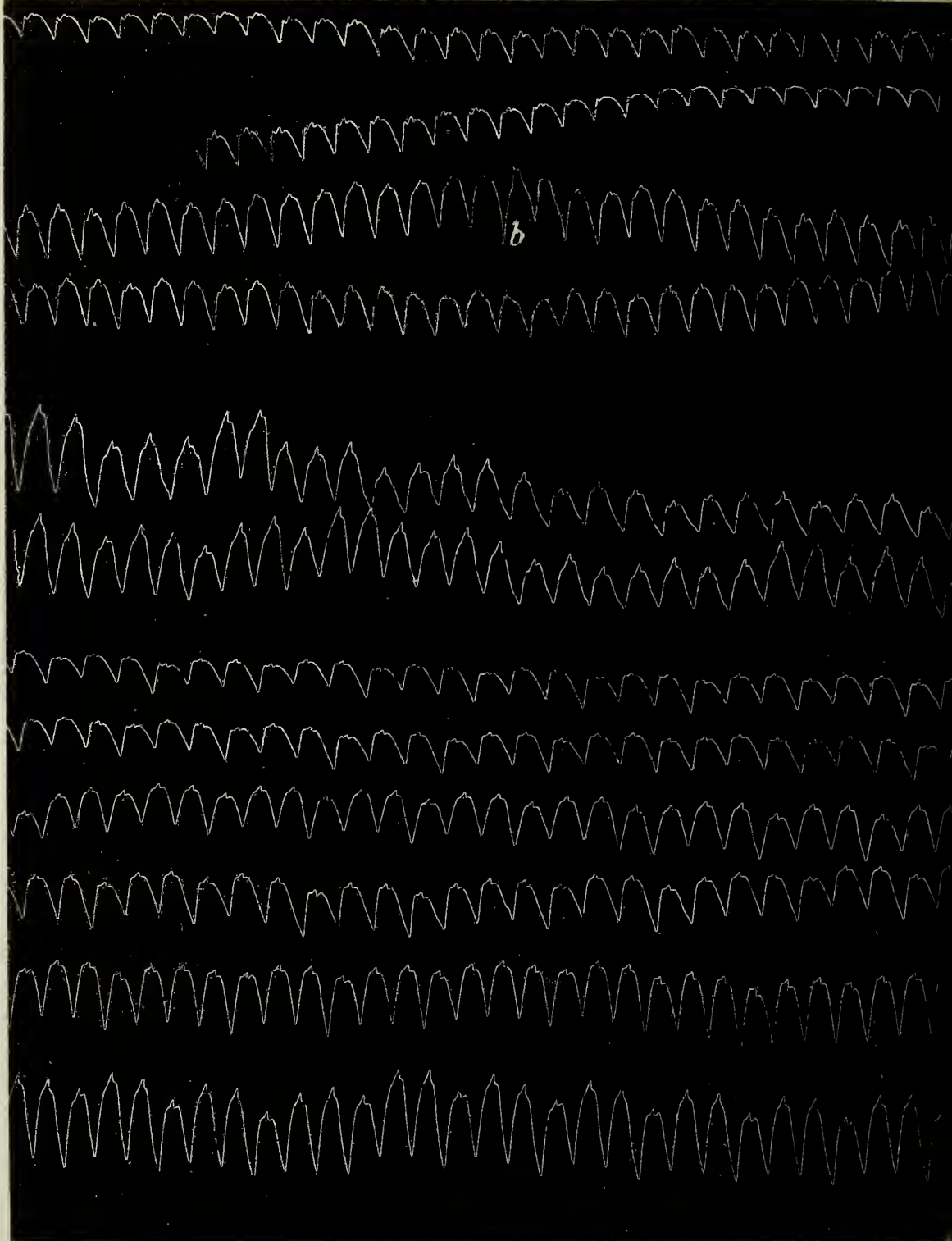
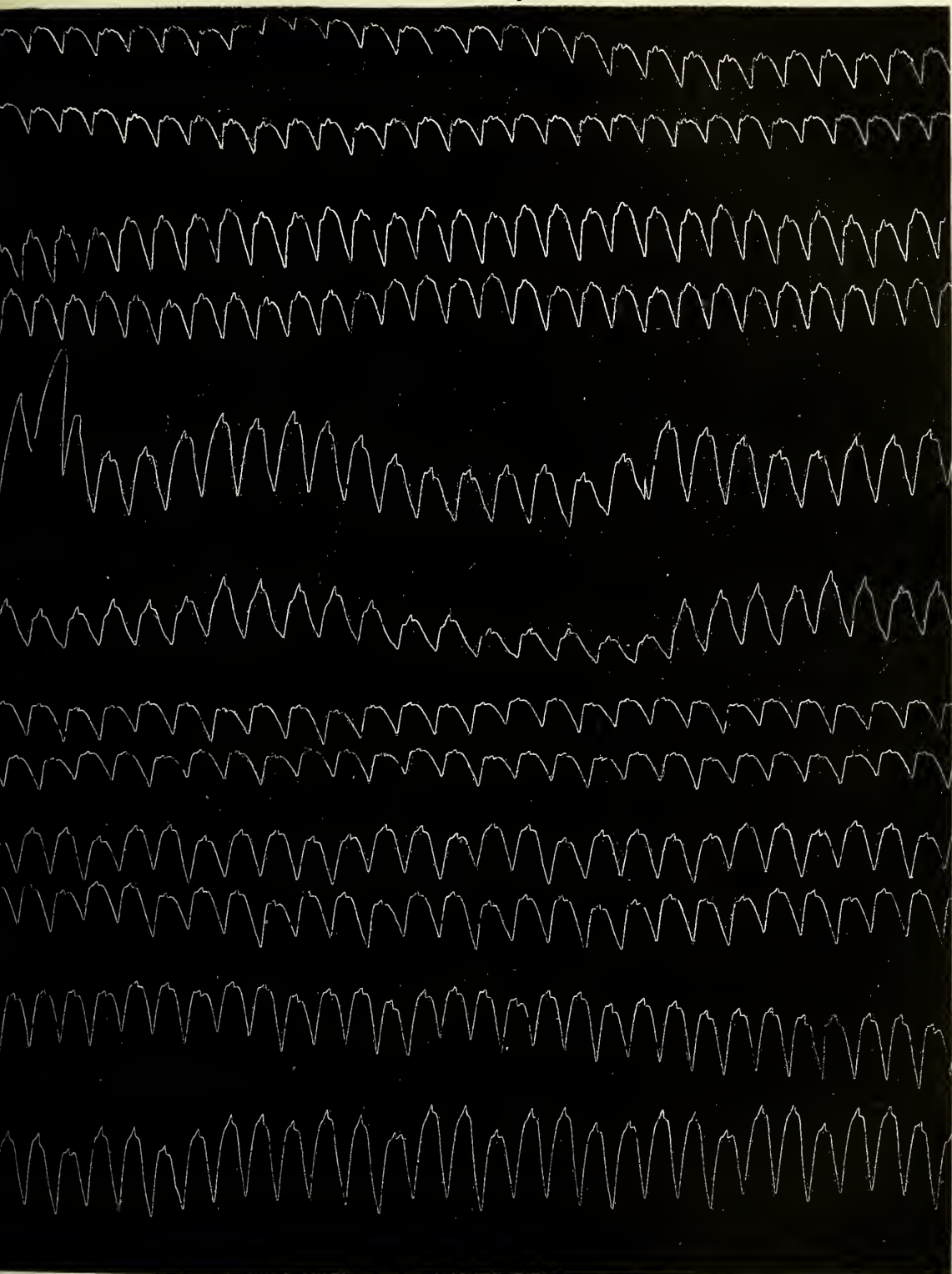
6

5

4

3

2

1

30
9 X 12
29
28
27
26
25
24
H
23
G
22
21
F
20
19
?
18
17
M
16
15
14
13

38 S

37

36 I

35

34 T

33

32

31

42

41

40

39 α

44 α

43 α

r

ω

ω

ω